[illegible] G. Brokesch [illegible]

Photogravure u. Druck H. Riffarth, Berlin

G. TH. FECHNER.

[illegible] Leopold V[illegible]

WISSENSCHAFTLICHE BRIEFE

VON

GUSTAV THEODOR FECHNER

UND

W. PREYER.

NEBST EINEM BRIEFWECHSEL ZWISCHEN K. VON VIERORDT UND FECHNER SOWIE NEUN BEILAGEN.

HERAUSGEGEBEN

VON

W. PREYER
IN BERLIN.

MIT DEM BILDNIS FECHNERS UND VIER HOLZSCHNITTEN.

HAMBURG UND LEIPZIG
VERLAG VON LEOPOLD VOSS
1890.

Druck der Verlagsanstalt und Druckerei A.-G. (vormals J. F. Richter) in Hamburg.

VORWORT.

In den Jahren 1873 bis 1883 stand ich mit dem 1887 im 87. Lebensjahre verschiedenen Begründer der Psychophysik in brieflichem Verkehr. Hauptsächlich waren es einige schwierigere Fragen der Myophysik, der Psychophysik, der Erkenntnistheorie und der Biogenesis, welche in den zwar nicht zahlreichen, aber um so umfangreicheren Briefen diskutiert wurden. FECHNERS Ideen auf diesen Gebieten sind grofsenteils von actuellem Interesse. Ich habe es daher für meine Pflicht gehalten, seine an mich gerichteten Briefe zu veröffentlichen, obwohl sie überwiegend an experimentelle und theoretische Untersuchungen von mir anknüpfen, welche nicht Vielen bekannt geworden sind. Es war mir deshalb erwünscht, meine an FECHNER gerichteten Briefe wieder einzusehen, um so mehr, als die seinigen ohne letztere an manchen Stellen nicht richtig verstanden werden können. Durch die gütige Vermittlung der Frau Professor FECHNER, geb. VOLKMANN wurde mein Wunsch in dankenswertester Weise erfüllt, indem ich fast alle meine brieflichen Mitteilungen an FECHNER zurückerhielt. Zu meiner Überraschung aber fanden sich neben diesen die meisten von FECHNER an mich gerichteten eigenhändig geschriebenen Briefe in einem zweiten ebenfalls eigenhändig geschriebenen Exemplare vor. Es mufs also was er an mich geschrieben hat — in einem Alter von 72 bis 82 Jahren — sehr gründlich erwogen, jeder Satz erst nach reiflicher Überlegung vollendet worden sein.

Dafs ich selbst — damals 32 bis 42 Jahre alt — fast in jedem meiner Briefe ungern auf gröfsere Ausführlichkeit verzichtete, ist mir noch in frischer Erinnerung. Nur habe ich aus Rücksicht auf die Augenschwäche und Zeit des mit anstrengenden kritischen Arbeiten beschäftigten, um vier Jahrzehnte älteren, innig verehrten Mannes nicht immer, was ich geltend zu machen hatte, niederschreiben wollen, auch die Korrespondenz aus diesem Grunde nicht fortgesetzt.

Im Folgenden sind nur FECHNERS Briefe an mich vollständig — auch im einzelnen ohne jede Kürzung — abgedruckt. Von meinen Briefen fehlt wahrscheinlich aufser dem ersten keiner. Einige wenige Stellen aber habe ich fortgelassen, weil sie private Urteile über lebende Forscher enthalten. Geändert ist sachlich nichts im Texte. Nur unter demselben wurden einige Hinweise und Anmerkungen mit der Jahreszahl 1890 in eckigen Klammern hinzugefügt.

Endlich habe ich noch anhangsweise einen kurzen Briefwechsel zwischen FECHNER und KARL VON VIERORDT († 1884) mitabgedruckt, weil er sich an meine Briefe anschliefst und ein von mir angestelltes *Experimentum crucis* zum Beweise der Existenz der inneren Empfindungsschwelle behandelt. Ich erhielt erst vor einem halben Jahre Kenntnis von diesem Briefwechsel und verdanke Herrn Professor HERMANN VIERORDT, dem Sohne des Physiologen, mit dessen Einverständnis er hier erscheint, die Briefe FECHNERS an VIERORDT, während des letzteren Briefe an FECHNER und dessen Bildnis mir durch die Güte der Frau Professor FECHNER zukamen. Auch an dieser Stelle spreche ich dafür der hochbetagten treuen Lebensgefährtin des grofsen Forschers und Denkers meinen besten Dank aus.

Berlin W, 4. August 1890.
Nollendorfplatz 1.

Prof. Dr. W. Preyer.

INHALT.

1. Fechner an Preyer. 9. November 1873. Einleitung 1
2. Fechner an Preyer. 20. Dezember 1873. Zur Myophysik. Zur Psychophysik. Der Schwellenbegriff in der Physik 2
3. Preyer an Fechner. 2. Januar 1874. Zur Myophysik. Zur Psychophysik. Zur Entwickelungslehre 8
4. Fechner an Preyer. 13. Januar 1874. Zur Myophysik. Zur Erkenntnistheorie. Der Schwellenbegriff in der Physik. Zur Psychophysik 11
5. Beilage von Fechner. 13. Januar 1874. Zur Myophysik 21
6. Preyer an Fechner. 18. Januar 1874. 1. Zur Myophysik 29
7. Preyer an Fechner. 20. Januar 1874. 2. Zur Erkenntnistheorie. 3. Zur Psychophysik. 4. Zur Entwickelungslehre 35
8. Fechner an Preyer. 22. Januar 1874. Zur Myophysik 40
9. Nachschrift von Fechner. 22. und 23. Januar 1874. Zur Erkenntnistheorie. Zur Psychophysik 44
10. Preyer an Fechner. 31. Januar 1874. Zur Myophysik. Zur Erkenntnistheorie. Zur Psychophysik 51
11. Fechner an Preyer. 6. Februar 1874. Zur Myophysik. Zur Erkenntnistheorie. Zur Psychophysik 59
12. Preyer an Fechner. 17. Februar 1874. Zur Myophysik. Zur Erkenntnistheorie. Zur Psychophysik 67
13. Fechner an Preyer. 25. Februar 1874. Zur Myophysik. Zur Erkenntnistheorie. Zur Psychophysik. Der Schwellenbegriff in der Physik 72
14. Preyer an Fechner. 7. März 1874. Zur Myophysik. Zur Erkenntnistheorie. Zur Psychophysik. Der Schwellenbegriff in der Physik 79
15. Beilage I von Preyer. 7. März 1874. Zur Myophysik 83
16. Beilage II von Preyer. 5. Januar 1873. Zur Myophysik 88
17. Fechner an Preyer. 16. März 1874. Zur Myophysik. Zur Psychophysik. Der Schwellenbegriff in der Physik 92
18. Preyer an Fechner. 16. Mai 1874. Zur Myophysik. Zur Entwickelungslehre. Zur Psychophysik 97
19. Fechner an Preyer. 25. Mai 1874. Zur Myophysik. Über Kataplexie. Zur Psychophysik. Zur Entwickelungslehre 98

20. Preyer an Fechner. 5. Juni 1874. Über Kataplexie. Zur Psychophysik 100
21. Beilage von Fechner. 25. Mai 1874. Zur Entwickelungslehre .. 103
22. Fechner an Preyer. 20. Juni 1874. Zur Psychophysik 105
23. Beilage von Fechner. 20. Juni 1874. Über Delboeufs psychophysische Untersuchungen 108
24. Preyer an Fechner. 24. Juni 1874. Zur Psychophysik 111
25. Fechner an Preyer. 26. Juni 1874. Zur Psychophysik 115
26. Preyer an Fechner. 11. Juli 1874. Zur Psychophysik 119
27. Fechner an Preyer. 20. Juli 1874. Zur Psychophysik 123
28. Preyer an Fechner. 30. September 1877. Zur Psychophysik. Temperaturempfindungen. Augenmass. Empfindung der Stille 128
29. Fechner an Preyer. 5. Oktober 1877. Augenmafsversuche. Temperaturempfindungen. Empfindung der Stille. Das Augenschwarz 131
30. Preyer an Fechner. 7. Oktober 1877. Zur Psychophysik 138
31. Fechner an Preyer. 15. Oktober 1877. Augenmassversuche. Aufmerksamkeit. Empfindung der Stille 140
32. Preyer an Fechner. 24. Oktober 1877. Zur Psychophysik 143
33. Fechner an Preyer. 29. Oktober 1877. Zur Psychophysik. Aufmerksamkeit. Empfindung der Ruhe 145
34. Preyer an Fechner. 30. November 1882. Zur Psychophysik. Tonhöhenunterschiede 148
35. Preyer an Fechner. 11. Dezember 1882. Die innere Schwelle. Das *Experimentum crucis* 149
36. Fechner an Preyer. 15. Dezember 1882. Tonhöhenunterschiede. Innere Schwelle 150
37. Preyer an Fechner. 18. Dezember 1882. Innere Schwelle. Tonhöhenunterschiede 154
38. Fechner an Preyer. 22. Dezember 1882. Innere Schwelle. Tonhöhenunterschiede 157
39. Preyer an Fechner. 27. Dezember 1882. Innere Schwelle. Ungiltigkeit des Weberschen Gesetzes für Tonhöhen 160
40. Fechner an Preyer. 4. Januar 1883. Psychophysische und physiologische Auffassung des psychophysischen Gesetzes. Webers Gesetz betreffs der Tonhöhen 163
41. Beilage von Fechner. 4. Januar 1883. Das Hören mit zwei Ohren 167
42. Vierordt an Fechner. 13. Dezember 1882. Schwächung des Schalles bei seiner Fortpflanzung 169
43. Vierordt an Fechner. 2. Januar 1883. Erregung des Sehnerven. Zur Psychophysik 172
44. Fechner an Vierordt. 14. Januar 1883. Erregung des Sehnerven. Das *Experimentum crucis* 174
45. Vierordt an Fechner. 17. Januar 1883. Das *Experimentum crucis* 178
46. Fechner an Vierordt. 20. Januar 1883. Das *Experimentum crucis*. Intrakramille Schallleitung 180
47. Vierordt an Fechner. 22. Januar 1883. Abänderung des *Experimentum crucis* zum Beweise der inneren Schwelle 184

48. VIERORDT an FECHNER. 27. Januar 1883. Unterschiede beim Hören links und rechts 187
49. VIERORDT an FECHNER. 28. Januar 1883. Schallschwächung beim Schwellenwert des Schallreizes 187
50. FECHNER an VIERORDT. 28. Januar 1883. Die halbe Schallschwelle. Die Schwächung des Schalles bei kleinen Werten. Abweichung vom WEBERschen Gesetz 188
51. FECHNER an VIERORDT. 3. Februar 1883. Die Halbierung der Schwelle beim Hören mit zwei Ohren 191
52. Beilage von PREYER. 21. Februar 1879. Die akumetrische Verwendung des BELLschen Telephons 194
53. VIERORDT an FECHNER. 15. Februar 1883. Die Schallschwellenempfindung einseitig und beidseitig 200
54. FECHNER an VIERORDT. 20. Februar 1883. Die gegen die Beweiskraft des *Experimentum crucis* erhobenen Einwände 202
55. Beilage von FECHNER. 5. Dezember 1882. Über die Aufgabe der Psychophysik 204
Register 227

Leipzig, d. 9. Nov. 73.

Hochgeehrter Herr Professor,

Meinen besten Dank für die Zusendung Ihrer Schrift,* die mich natürlich sehr interessieren wird, für das freundliche Begleitschreiben und das ehrende Vertrauen, was Sie mir schenken, indem Sie mich auffordern, meine Ansicht über den Inhalt der Schrift auszusprechen. Gern möchte ich diesem Vertrauen entsprechen; nur wird es nicht so schnell gehen, als ich selbst wünschte. Nachdem ich durch mein Augenleiden eine Zeitlang einer wissenschaftlichen Thätigkeit ganz enthoben war, bin ich im vergangenen Frühjahr am einen Auge insoweit glücklich vom Staar operiert, dafs ich wieder ohne Unbequemlichkeit schreiben kann; aber eine noch zurückgebliebene Schwäche und Reizbarkeit des Auges hindert mich, anders als nur seitenweise und unterbrochen zu lesen, so dafs das Durchlesen und vollends Durchstudieren einer Schrift für mich eine Aufgabe der Zeit ist, und bei so manchen sich kreuzenden und folgenden Anlässen zum Studieren wartet immer eins auf das andere. Gestatten Sie mir also einige Frist, und erwarten Sie überhaupt nichts Mafsgebendes von Jemand, der aus der Psychophysik ziemlich herausgekommen und in die Myophysik niemals hineingekommen ist.

Mit dem Ausdruck vorzüglicher Hochachtung

der Ihrige

Prof. FECHNER.

---

* *Das myophysische Gesetz.* Von W. PREYER. Jena 1874 [P. 1890].

Leipzig, d. 20. Dez. 73.

Hochgeehrter Herr Professor,

Zuvörderst wiederhole ich meinen Dank für das Geschenk Ihrer myophysischen Untersuchungen. Nachdem ich endlich daran gekommen bin, nähere Einsicht davon zu nehmen, habe ich mich nur freuen können über die ebenso schöne Kombination, als die schönen und reinen Resultate Ihrer Versuche, sowie über die formelle Zusammenstimmung derselben mit den von mir erhaltenen psychophysischen Resultaten und den Anlaſs, den Sie gefunden haben, dessen zu gedenken. Die Volkmannschen Versuche für sich allein dürften freilich wegen der von Ihnen selbst hervorgehobenen Quellen des Irrtums und der doch nur prekären Voraussetzung, daſs sie sich nahehin kompensieren, kein groſses Zutrauen bei den Fachphysiologen bezüglich Feststellung des myophysischen Gesetzes erwecken, oder vielmehr ist mir bekannt, daſs man wirklich Anstoſs daran genommen hat; indes abgesehen davon, daſs der Umstand selbst, daſs sie zu einem einfachen Gesetze führen, zu ihren Gunsten spricht, sind auch, so weit ich es nach der Beschreibung Ihrer Versuche und Ihren Bemerkungen übersehe, diese Quellen des Irrtums bei Ihren Versuchen möglichst vermieden oder auf das Kleinstmögliche reduziert, und Ihr in § 42 und ff. gegebener Beweis für das myophysische Gesetz fuſst wesentlich nur auf Ihren eigenen Versuchen. Ein Bedenken hat sich mir aufgedrungen, was doch wahrscheinlich nur an einem Mangel genügender Einsicht in die Sachlage Ihrer Versuche hängt, denn wenn es statthaft wäre oder in erheblichen Betracht käme, so hätten Ihre Versuche schwerlich zu so gesetzlichen Resultaten führen können. Bei allen Versuchen, welche zur Begründung des myophysischen Gesetzes angestellt sind, kommt es darauf an, die Hubhöhe eines tetanisierten unbelasteten Muskels mit dem Gewicht zu vergleichen, welches zur Annullierung dieser Hubhöhe hinreicht, während der Muskel sich unter dem Einflusse desselben tetanisierenden Reizes findet, und es ist natürlich leicht, diesen bei den zwei verglichenen Versuchen nach seinen äuſseren Bedingungen gleich zu erhalten. Nun aber zieht sich der Muskel bei seiner Hebung ohne das Gewicht p zusammen, verkürzt und verdickt

sich dadurch, indes er noch in derselben Kette wie früher begriffen bleibt. Hiermit mindert sich der Leitungswiderstand in dieser Kette, welche den Muskel an seinem oberen und unteren Ende zwischen sich faſst, und sollte die Kette auſser dem Muskel keinen andern feuchten Leiter enthalten, so möchte diese Verminderung im Verhältnis zum ganzen Leitungswiderstande nicht unbeträchtlich sein, womit natürlich auch eine verhältnismäſsige Verstärkung des tetanisierenden Reizes zusammenhängen würde. Sollte dieses Bedenken nicht durch einen Miſsverstand der Einrichtung oder des Sinnes Ihrer Versuche meinerseits verschuldet sein und durch die Einrichtung Ihrer Versuche sich von selbst heben, so würde sich meines Erachtens leicht experimentell ermitteln lassen, ob etwas darauf zu geben, indem man einen Multiplikator in die Kette einschaltete und, bei senkrechter Stellung der Nadel gegen die Windungen, die Schwingungsdauer in den zu vergleichenden Versuchen vergliche. Eine weiche Eisennadel, deren Magnetisierung sich mit Umkehr der Richtung der Strömung zugleich umkehrt, möchte dabei dienlicher sein, als eine Stahlnadel. Jedoch entschuldigen Sie, wenn ich überhaupt mit diesem Bedenken etwas Ungehöriges vorgebracht habe; ich bin aus diesen Dingen wirklich zu sehr heraus.

Es hat mich natürlich nur sehr freuen können, daſs Sie (nach p. 98) in den Resultaten Ihrer myophysischen Untersuchung* zugleich eine Unterstützung meiner Ansicht, daſs die Empfindung logarithmisch von der Bewegung im Nervensysteme abhängt, gefunden haben, indes MACH und Andere, meines Erachtens ohne zulängliche Gründe, sie vielmehr einfach proportional damit setzen wollen, was das logarithmische Verhältnis auf die Abhängigkeit der Nervenerregung vom Reize überträgt. Hiermit fiele der Begriff der Schwelle für die innere Psychophysik ganz weg, und würde dieselbe überhaupt eine ganz andere Gestalt annehmen, als ich ihr in den *Elementen der Psychophysik* gegeben. Die Untriftigkeit der BERNSTEINschen Hypothese werde ich gelegentlich nachweisen.**

Ihrerseits gestehen Sie zu, daſs das myophysische Gesetz Grenzen seiner Gültigkeit hat, indem nach p. 93 die Hubhöhe

---

* *Das myophysische Gesetz.* Von W. PREYER. Jena, 1874 (ausgegeb. 1873).
** FECHNER: *In Sachen der Psychophysik.* 1877. S. 20, 138 ff. [P. 1890]

durch fortgesetzte Steigerung des Reizes nicht über eine gewisse Grenze hinaus zu treiben ist, und nach p. 95 negative Hubhöhen, auf welche das Gesetz führt, wenn der Reiz unter die Schwelle fällt, nicht vorkommen; wie ich meinerseits Grenzen der Gültigkeit des psychophysischen Gesetzes in der äufsern Psychophysik, also in Bezug auf den äufsern Reiz anzuerkennen habe. In betreff der obern Grenze der Gültigkeit bemerken Sie (S. 93 unten u. ff.), dafs dieselbe vielleicht nur scheinbar sein könne, oder (S. 94) nur von einer Zerstörung des Gewebes bei hohen Reizwerten abhängen könne, wofür ich eine entsprechende Annahme in der Psychophysik für die obere Grenze gestellt habe; und jedenfalls kommt man in der Myophysik wie Psychophysik mit einer solchen Annahme für Erklärung der obern Grenze aus, da sie sich nicht durch Beobachtung widerlegen, freilich auch nicht beweisen läfst; hingegen würde es doch für beide Lehren unbequem sein, wenn sich darin eine Diskontinuität in der Gültigkeit des Gesetzes beim Schwellenwerte nach rationaler Auslegung der negativen Werte zeigen sollte. Was nun die Psychophysik anlangt, so habe ich die negativen Empfindungswerte unter der Schwelle als imaginäre gedeutet, weil die Mathematik überhaupt in Fällen, wo die Verminderung einer Gröfse unter einen positiven Wert überhaupt nicht möglich ist, negative Werte dieser Gröfse als imaginäre fafst, und sonst diese Deutung in den *El. d. Ps.* (Th. II. S. 39 ff.) durch verschiedene Betrachtungen zu rechtfertigen gesucht. Inzwischen finde ich in einer Anmerkung von Ihnen (S. 95) bemerkt, dafs Delboeuf Schwierigkeit in der Deutung der negativen Empfindungswerte gefunden, und mufs daher glauben, dafs ihm meine Erörterungen über diesen Punkt nicht genügt haben. Da ich erst durch Ihre Anmerkung auf seine Schrift aufmerksam geworden bin, habe ich sie mir erst jetzt verschreiben können, und mufs, bis ich sie erhalte, seine etwaigen Einwände gegen meine Deutung dahin stellen.

Gesetzt nun, sie liefse sich nach den von mir aufgestellten Gründen doch für das psychophysische Gesetz halten, so würde freilich der Hauptgrund, auf dem ich dabei fufse, dafs nämlich eine reale Abnahme der Empfindungsgröfse unter Null nicht möglich ist, negative Werte dieser Gröfse also nur imaginäre bedeuten können, auf die Myophysik nicht direkt übertragbar

sein, weil ein Muskel, vom Schwellenwerte an, sich ebensogut seiner Natur nach verlängern als verkürzen kann. Aber sollte nicht vielleicht die Sache so zu fassen sein? Gehen wir von einem in gewissem Sinne analogen Fall aus. Ein Körper bewege sich unter dem Einflusse einer konstanten schiebenden Kraft auf einer Ebene fort oder solle mittelst einer solchen fortgeschoben werden, so wird schon der kleinstmögliche Wert dieser Kraft hinreichen, eine Bewegung daran hervorzubringen, indem die Teilchen desselben von denen der Ebene aus, auf denen sie unmittelbar aufliegen, gegen die nächsten vorrücken (atomistische Diskontinuität der Teilchen dabei vorausgesetzt); aber wenn die Kraft nicht grofs genug ist, werden sie durch die elastische Gegenwirkung dieser Teilchen in einem gewissen Abstande von denselben ins Gleichgewicht kommen, ohne über dieselben hinausgeführt werden zu können, was erst von einem gewissen Werte der Kraft, dem Schwellenwerte des Schubes, an der Fall sein kann. Sollte nun eine Formel konstruiert werden, welche die Geschwindigkeit des Gleitens auf der Ebene in Abhängigkeit von der schiebenden Kraft und den Umständen, unter denen sie wirkt, angäbe, so dürfte die durch den Widerstand aufgehobene Geschwindigkeit bei Kraftwerten unterhalb der Schwelle auch nicht mit Null, sondern mit negativen Werten auszudrücken sein, um durch die verschiedene Gröfse dieser Werte die verschiedene Annäherung derselben an positive Werte der Geschwindigkeit bei fortbestehendem Gleichgewicht zu repräsentieren, was anders ist sowohl bei einem Körper, der ohne treibende und gegenwirkende Kräfte in Ruhe ist, als bei einem solchen, der (wie eine belastete Wagschale durch eine andere gleichbelastete Wagschale) durch eine gegenwirkende Kraft in Ruhe ist, ohne dafs mit der veränderten absoluten Gröfse der sich aufwiegenden Kräfte eine Annäherung oder Entfernung von der Entstehung positiver Werte der Geschwindigkeit stattfindet, in welchen Fällen der Ruhezustand allerdings als Null der Geschwindigkeit zu bezeichnen. Die Übertragung dieser Betrachtung auf den tetanisierten Muskel ist leicht. Auch bei diesem wird erst eine gewisse Kraftgröfse erreicht und überschritten werden müssen, um die Teilchen zwischeneinander, durch- und übereinander hinauszuschieben; bis dahin werden die Teilchen nach einer Näherung in verschwindender Gröfse nur in einem dauernden Gleichgewichts-

zustande verharren, und die hierbei aufgehobene Geschwindigkeit und davon abhängige Hebung hiernach auch mit negativem Vorzeichen zu bezeichnen sein. Jedoch ich überlasse es Ihnen zu beurteilen, ob mit diesen Betrachtungen der Schwierigkeit beizukommen ist, und möchte selbst nicht behaupten, dafs sie ganz evident sind.

Indem ich nochmals in Gedanken auf die obere Abweichung von der Giltigkeit des myophysischen Gesetzes zurückkomme, fällt mir bei, dafs sie doch weder scheinbar wegen über die Beobachtung hinausgehender asymptotischer Näherung, noch durch Schädigung des Muskelgewebes erklärbar sein kann, sondern prinzipiell sein mufs, da die für den ungeschädigten Muskel aufgestellte Formel

$$h = k \log \text{nat} \frac{q}{s}$$

bei fortgehender Steigerung von q endlich $h > l$ werden läfst, was in Wirklichkeit unmöglich ist, wonach die Formel auch prinzipiell nur so lange gelten kann, als h sich dem l nicht zu sehr nähert. Unstreitig also wäre sie, um überhaupt mehr als blofs approximativ zu sein, noch dahin zu modifizieren, dafs sie zwar für nicht zu grofse Werte von h in Verhältnis zu l mit voriger einfacher Form merklich stimmte, aber ebenso für $q = \infty$ als $q = s$ einen endlichen Wert für h finden liefse, sei es $h = l$ oder $= \frac{l}{m}$, d. i. gleich einem Bruchteil von l: Ersteres, wenn die Unmöglichkeit, die Hebung durch sehr starke Reize über einen Bruchteil von l zu treiben, nur scheinbar, nur von Schädigung des Muskelgewebes abhängig sein sollte, wo l die Grenze der Hebung wäre, letzteres, wenn sie auch für den ungeschädigten Muskel gelten sollte, wo $\frac{l}{m}$ die Grenze wäre. Auch brauchte man, um die erste Voraussetzung zu grunde zu legen, statt

$$h = k \log \text{nat} \frac{q}{s}$$

nur

$$\frac{h}{l - h} = k \log \text{nat} \frac{q}{s}$$

oder

$$\frac{h}{1-c} - c\,(l-h) = k \log \text{nat} \frac{q}{s}$$

zu setzen (wovon ersteres darauf herauskäme, das Verhältnis der Hubhöhe zur Totallänge l durch das Verhältnis der Hubhöhe zu der dadurch verkürzten Muskellänge in der Formel zu ersetzen), so würde jenen Forderungen genügt sein; aber unstreitig entsprechen Ihre und VOLKMANNs Versuche in zu grofser Ausdehnung mit zu grofser Annäherung Ihrer eigenen einfachern Formel, um diese komplicierteren anwendbar zu finden; und müfsig würde es sein, nach noch andern Funktionen von $l-h$ zur Einführung in die Formeln zu suchen, da ein blofses Tasten danach ohne theoretischen leitenden Gesichtspunkt und ohne zur Bewährung geeignete, wohl kaum herstellbare Versuche zu nichts Haltbarem führen könnte. Hingegen ist es schon Gewinn genug, wenn man ein einfaches Gesetz nur in gewissen, selbst zugestandenen, Grenzen als giltig nachweisen kann, wie Sie das geleistet haben.

Noch habe ich Ihnen für Zusendung der Probenummer der wiederaufgelebten Jenaschen Litteraturzeitung zu danken, welchem Unternehmen ich das beste Gedeihen wünsche, da das litterar. Centralblatt eingehenderen und gründlichen Besprechungen doch zu wenig Raum gibt, wenn schon ich selbst eine solche gerade von Jena aus bezüglich meines letzten Schriftchens* am meisten zu scheuen haben dürfte.

Mit dem Wunsche, dafs Sie den Versuch, mich mit vorigen Bemerkungen im Felde Ihrer myophysischen Untersuchung zu orientieren, freundlich aufnehmen mögen, und mit dem Ausdruck vorzüglicher Hochachtung

Ihr ergebenster

Prof. FECHNER.

---

* *Einige Ideen zur Schöpfungs- und Entwickelungsgeschichte der Organismen.* Von G. TH. FECHNER. Leipzig, 1873. [P.]

Jena, am 2. Jan. 1874.

Hochgeehrter Herr Professor,

Zuvörderst spreche ich Ihnen meinen wärmsten Dank dafür aus, dafs Sie meine Arbeit über die myophysische Theorie gelesen und mir darüber so eingehend geschrieben haben. Sodann erlauben Sie mir auf die Bedenken oder Fragen, die Sie aufwerfen, zu antworten.

Ich mufs zugeben, dafs die Veränderung des Leitungswiderstandes mit der Muskelverkürzung hätte erwähnt werden müssen. Dies ist ein offenbarer Mangel. Denn die Notiz S. 70 betrifft diesen speziellen Punkt nicht. Ich suchte überall möglichst zu kürzen, um nicht durch Breite von der Lektüre abzuschrecken. Sachlich scheint mir jedoch kein starker Einwand aus jenem Mangel herleitbar. Denn es kommt bei den Versuchen nicht auf die Stromstärke, welche mit der Verkürzung des Muskels steigt, sondern auf die Dichtigkeit des Stroms im Muskel an, welche mit der Verdickung abnimmt. Die Stromdichte in jedem Querschnitt des verkürzten Muskels kann nicht in irgend erheblicher Weise von der in jedem Querschnitt des nicht verkürzten tetanisierten Muskels abweichen, weil es auf das Verhältnis

$$\frac{J}{Q} = \frac{\text{Stromstärke}}{\text{Querschnitt}}$$

ankommt und bei der Verkürzung sowohl J als Q zunehmen, J wegen der Längenabnahme des Muskels, Q wegen der Verdickung desselben. Ganz unverändert wird natürlich der Quotient nicht bleiben. Bei allen Versuchen mit maximaler Reizung kann jedoch die Änderung nicht in Betracht kommen, da gleichsam der Reiz im Überschuss da ist. Auch bei den (für mich wichtigsten) Versuchen des 3. Abschnittes kann eine Änderung das Resultat kaum beeinflussen, weil es sich dabei nicht um die absoluten Hubhöhen, sondern um die Hubdifferenzen handelt und nicht um die absoluten Reizstärken, sondern um das Reizverhältnis $\frac{q_1}{q_2}$. Dagegen könnte allerdings bei den Gewichtsversuchen mit submaximaler Reizung der Fehler sich geltend machen, und ich glaube, dafs er sich geltend gemacht hat, wenn auch — wegen der grofsen Widerstände in der Kette selbst und der Kleinheit der Muskeln — nicht in auffallender Weise. Hierüber mufs ich noch experimentieren und danke Ihnen, dafs Sie mich darauf aufmerksam

Ankündigung.

Theatergeschichtliche Forschungen.

Herausgeber: Prof. Berthold Litzmann — Jena.

Verleger: Leopold Voß — Hamburg.

Unter diesem Gesamt-Titel sollen Arbeiten aus dem Gebiete der Theatergeschichte zur Veröffentlichung gelangen.

Es ist beabsichtigt, hierdurch eine Sammelstelle zu schaffen für diejenigen Arbeiten, welche, obwohl von wirklich wissenschaftlichem Wert, doch ihres allzu speciellen Themas oder ihres Umfanges wegen sich für die Aufnahme in Zeitschriften allgemein-litterarhistorischen Inhalts nicht eignen.

Herausgeber und Verleger hoffen durch dieses Unternehmen, das nicht als Zeitschrift auftritt, nicht nur zu selbständigen Arbeiten über Theatergeschichte anzuregen, sondern namentlich auch Manche, die bisher die Früchte ihrer Forschungen zusammenhangslos, fragmentarisch in Zeitschriften zu veröffentlichen genötigt waren, zu einer erschöpfenden Durcharbeitung und zusammenfassenden Darstellung ihrer Einzelstudien zu veranlassen.

Aufnahme finden eigentliche Quellenpublikationen aus den Archiven, wie Bearbeitungen theaterhistorisch wichtigen Materials in Gestalt von Einzeldarstellungen der Entwickelung von Drama und Theater, sei es innerhalb des Kreises einer bestimmten Stadt oder Landschaft, sei es innerhalb einer tonangebenden Truppe; desgleichen Arbeiten über Dramen und Dramatiker, die auf die Gestaltung des Repertoirs irgend einer Epoche nennenswerten Einfluß errungen haben; und schließlich werden auch biographische Aufsätze, Mitteilungen aus für die Theatergeschichte wichtigen Briefwechseln u. ä. ihren Platz finden.

Infolge dieser Ausdehnung und Mannigfaltigkeit des Programms glauben Herausgeber und Verleger auf die Teilnahme aller Theater- und Litteraturfreunde zählen zu dürfen.

Die „Theatergeschichtlichen Forschungen“ sollen in zwangloser Folge erscheinen. In der Regel wird ein Heft nur je eine Arbeit enthalten; doch ist auch die Zusammenfassung mehrerer kleiner Aufsätze in einem Hefte nicht ausgeschlossen.

Folgende Beiträge sind schon jetzt bei dem Herausgeber angemeldet:

Das Repertoir des Weimarschen Theaters unter Goethes Leitung, 1791—1817. Bearbeitet und herausgegeben von Dr. C. A. H. Burkhardt, Archivdirektor in Weimar.

Gesammelte Aufsätze zur Bühnengeschichte. Von Gisbert Freiherr v. Vincke in Freiburg.

Die ältesten Schauspielhäuser in Deutschland. Von Dr. K. Trautmann in München.

Zur Geschichte des deutschen Schauspiels im 17. Jahrhundert. Von Dr. J. Bolte in Berlin.

Studien über das Drama des 18. Jahrhunderts. Von Privatdocent Dr. G. Witkowsky in Leipzig.

Geschichte des Wiener Hanswurst. Von Privatdocent Dr. A. von Weilen in Wien.

Geschichte des Dramas und Theaters in Berlin bis ca. 1740. Von Dr. J. Bolte in Berlin.

Aktenstücke zur Geschichte der Ackermannschen Truppe. Von Professor Dr. B. Litzmann in Jena.

Überblick über die Geschichte des Theaters an der Wien. Von Dr. Aug. Schmidt in Wien.

Einfluß der deutschen Bühne auf die Entwickelung des russischen Theaters. Von Dr. R. Löwenfeld in Berlin.

Studien zur Technik des Dramas im 18. Jahrhundert. I. Vorhang und Drama. Von Dr. K. Heinemann in Leipzig.

Briefe von Beck und Iffland an Gotter, 1786—1794. Bearbeitet von Professor Dr. B. Litzmann in Jena.

Aus verschollenen Dramen des 16. und 17. Jahrhunderts. Von Dr. K. Th. Gaedertz in Berlin.

Geschichte des Schuldramas in Salzburg. Von Professor Dr. R. M. Werner in Lemberg.

Beiträge und Studien zur Geschichte der Jesuiten-Komödie und des Klosterdramas. Von Professor J. Zeidler in Wien.

Theatergeschichtliche Forschungen.
Herausgeber:
Professor B. Litzmann — Jena.

I.

Das Repertoir des Weimarschen Theaters
unter
Goethes Leitung
1791—1817.

Bearbeitet und herausgegeben
von
Dr. C. A. H. Burkhardt
Archivrat und Archivdirektor in Weimar.

Preis ca. M. 3.—.

Die Grundlage für die Erforschung der theatralischen Thätigkeit Goethes, die unerreicht dasteht, und deren Traditionen noch heute in dem Weimarer Theater fortleben, ist ein zuverlässig gearbeitetes Repertoir für die Zeit der Goetheschen Leitung, die mit dem 7. Mai 1791 beginnt und im Jahre 1817 schließt. Schon Goethe legte 1796 seinen historischen Studien über die eigenen Schöpfungen besonders gefertigte Auszüge über die bisherigen Aufführungen zu Grunde, und erkannte in diesen Fixierungen des unter seinem fast ausschließlichen Einfluß zu Stande gekommenen Repertoirs den untrüglichen Führer für die Vergegenwärtigung des bisher Geleisteten.

Goethes Theaterrepertoir wird hier zum ersten Mal vollständig in die Litteratur eingeführt. Der Herausgeber dieser Arbeit ist vermöge seiner Studien auf dem Gebiete der Weimarer Theatergeschichte wohl allein geeignet, eine solche mit großen Schwierigkeiten verknüpfte stichhaltige Arbeit darzubieten, zumal uns die Theaterzettel Weimars nur in höchst unvollkommener Weise erhalten geblieben und mit Hülfe weiterer Quellen und kritischen Feststellungen aller Einzelheiten die Lücken auszufüllen sind.

Der Herausgeber giebt zunächst ein chronologisches Verzeichnis der Aufführungen, dem sich ein alphabetisches anschließt.

Wenn Goethes Theaterverwaltung schon früh ein solches lediglich alphabetisches Verzeichnis mit Angabe der Aufführungstage an-

strebte, so unterscheidet sich Burkhardts Arbeit von jenem Versuch wesentlich auch dadurch, daß er alle Aufführungen auch auf den Goetheschen Filialbühnen zu Lauchstädt, Erfurt, Rudolstadt, Halle, Leipzig und Naumburg mit berücksichtigt, was das unkritische Theaterrepertorium, welches wir aus früherer Zeit besitzen, nie angestrebt hat. Es versteht sich von selbst, daß auch die Verfasser der aufgeführten Stücke, die oft gar nicht auf den Theaterzetteln angegeben sind, ergänzt sind und eine Namensübersicht dieser sich dem Ganzen anschließt. Aus dieser für die Theatergeschichte interessanten Zusammenstellung hat der Herausgeber im Vorwort zugleich auf Grund statistischer Ermittelungen alle Resultate fixiert, welche die Goethesche Leitung illustrieren können. Der Bearbeiter zeigt wie Goethe sich an das frühere Repertoir seines Vorgängers anlehnte, dasselbe verließ, in welchem numerischen Verhältnis diese Thätigkeit Goethes sich kennzeichnet, wie er mit erstaunlich geringen Mitteln den Wanderstab seiner Truppe in die Hand drückte, um die Fortexistenz der Schöpfung zu ermöglichen, welche Weimar allein nicht aufrecht erhalten konnte; dann wie Goethe es verstand, in der eigenartigen Behandlung der Filialbühnen dem Geschmack des verschiedenartig gestalteten Publikums gerecht zu werden, wie er ihn läuterte, und wie sein Repertoir nicht schablonenmäßig sondern mit Berücksichtigung aller Orts- und Zeitverhältnisse seine Gestalt annahm. Interessante Resultate sind hier zur Beleuchtung Goethescher Thätigkeiten in Fülle verzeichnet und es giebt wohl kaum ein Verhältnis, welches der Herausgeber in seinem eingehenden, auf Grund sorgfältiger Quellenstudien fußenden Bemerkungen, nicht berührt hätte, um den wissenschaftlichen Anforderungen gerecht zu werden, die man an eine solche Arbeit stellen muß.

Hamburg, Oktober 1890.

Leopold Voß.

machen. Wie aber auch die galvanometrischen Versuche ausfallen mögen: es ist nach der ganzen Versuchsanordnung höchst unwahrscheinlich, dafs dieser Fehler die Ungenauigkeit der p-Bestimmung erreicht.

In Bezug auf das Zweite, die Giltigkeitsgrenzen der myophysischen Formel, kann ich nach reiflicher Überlegung — welche die Absendung dieses Schreibens so lange verzögert hat — nicht von meiner bisherigen Auffassung abgehen. Ich meine: Wenn ein funktioneller Zusammenhang zwischen zwei Erscheinungsreihen durch eine mathematische Formel ausgedrückt worden ist, so liegt nicht der mindeste Grund vor, dafs der Formel über ein gewisses endliches Intervall hinaus nach oben und unten die Erscheinungen entsprechen müssen. Im Gegenteil nicht blofs die Konstanten, sondern die Funktion wird sich wahrscheinlich jenseit des empirisch ermittelten Intervalls ändern, wenn die Formel sehr einfach und das Objekt sehr kompliciert ist. Zuerst die obere Grenze. Ich sagte: entweder sei sie durch Zerstörung des Gewebes bei zu starker Reizung bedingt, dies scheint das Natürlichste, oder es nähere sich der Muskel asymptotisch seiner kleinstmöglichen Länge, aber durchaus nicht der Länge Null. Sie erwägen die Möglichkeit einer prinzipiellen Grenze, sofern der Mafsformel dadurch eine Grenze gesetzt sei, dafs niemals $h = l$ werden könne. Aber erfahrungsmäfsig hört die Mafsformel schon viel früher auf zu gelten. Und die kleinstmögliche Länge ist kein konstanter Bruchteil der Ruhelänge. Wenn der Muskel sich asymptotisch der Länge Null näherte, sich zu einer unendlich dünnen Scheibe bei unendlich starkem Reize verkürzte, dann freilich wäre die Grenze $h = l$ und prinzipiell. So aber wird es wohl nötig sein, bei Erörterung der oberen Grenze nicht die Mafsformel, sondern allein die Fundamentalformel zu Rate zu ziehen, an welche jene solidarisch gebunden ist. Es ist sehr wohl möglich, dafs die Differenzialgleichung

$$dh = K \frac{dq}{q}$$

auch für den Fall gilt, wo die Hubhöhe, ihr sichtbares Maximum erreicht habend, nur noch asymptotisch einer idealen gröfstmöglichen Hubhöhe sich nähert, nur müfste dann K sich ändern und zwar immer kleiner, schliefslich unendlich klein werden. Wenn aber, wie es wahrscheinlicher, durch das Wachsen von q (durch Elektrolyse z. B.) Gewebszerstörung eintritt, ehe K sich ändert, dann bedarf es natürlich

nicht der Annahme jener idealen kleinstmöglichen Muskellänge, welche kleiner wäre als die beobachtete.

In beiden Fällen ist die obere Grenze nicht prinzipiell.

In betreff der unteren Giltigkeitsgrenze gestatten Sie mir die Vorbemerkung, dafs ich beim besten Willen rücksichtlich der negativen Empfindungen nicht Ihre Ansicht teilen kann. Es ist dies eine der wenigen wesentlichen Punkte Ihrer Psychophysik, die ich nie habe assimilieren können, während die psychophysische Mafslehre immer von neuem meine Bewunderung herausfordert. Entweder — sit venia verbo — hat die Ganglienzelle eine Empfindung oder sie hat keine. In letzterem Falle ist sie entweder empfindungsfähig oder nicht (z. B. vergiftet, tot). Das sind zwei total verschiedene Zustände, die beide unter den Begriff „negative Empfindung“ fallen. Schliefst man daher das tote Ganglienkörperchen überhaupt von der Betrachtung aus, wie etwa den Stein, den Knochen, so bleibt das nicht empfindende empfindungsfähige Körperchen. Dieses ist entweder unerregt oder subliminal erregt, abermals zwei gänzlich verschiedene Zustände, die beide unter den Begriff „negative Empfindung“ fallen. Man müfste also annehmen, dafs die lebende Ganglienzelle sich nie im unerregten Zustande befände, was willkürlich ist. Angenommen, es wäre so, dann kommt man auf „negative Farben, negative Töne“. Darunter kann ich mir nichts vorstellen. Vielmehr würde folgendes Beispiel meine Auffassung erläutern. In einem dunklen Raum ist ein Draht ausgespannt. Es geht ein galvanischer Strom durch denselben, von wachsender Stärke. Die Stärke ist anfangs Null, wächst dann bis s, wird dann grösser als s. Sowie s erreicht ist leuchtet der Draht. Ebensowenig wie die Schwingungen des warmen, noch nicht leuchtenden Drahtes negativ heifsen können, gegenüber den Schwingungen des heifsen leuchtenden Drahtes, können die Bewegungzustände des subliminal erregten Ganglienkörpers, meine ich, „negative Empfindungen“ heifsen gegenüber den Bewegungszuständen jenseit der Empfindungsschwelle s. Von dem Erregungszustande Null an ist alles positiv. Ebenso, sagte ich (S. 95), kann das gröfsere oder geringere Entferntsein eines Muskelzustandes (unterhalb der Schwelle) vom Kontrahiertsein nicht als negative Kontraktion gedeutet werden. Es würde mir ungemein interessant sein, zu erfahren, wie Sie D e l b o e u f *antworten werden, dem ich in Bezug auf diesen einen Punkt beistimmen mufs. Die psychophysische und die myophysische Formel fangen erst an empirisch zu gelten, wo die Empfindungen anfangen und die Muskelkontraktionen anfangen, also mit Überschreitung der Schwelle. Werden die Formeln über die Schwelle*

ausgedehnt, so wird der Boden der Erfahrung verlassen, und wenn auch die Empfindungen unterhalb der Schwelle nicht alle = Null sind, so liegt kein Grund vor, sie nicht für positiv zu halten. —

Nun bin ich doch gegen meine anfängliche Absicht weitschweifig geworden. Ich möchte nur zum Schlusse noch bemerken, dafs Ihre „Ideen zur Entwickelungsgeschichte etc." von Snell in der Litteraturzeitung angezeigt werden werden, dafs ich von der enormen Tragweite des Grundgedankens gleich bei der ersten Lektüre vollständig überzeugt war und trotz vieler Abweichungen im einzelnen diese Ihre Schrift mit Enthusiasmus als einen grofsen Fortschritt begrüfsen würde, wenn die grofsen Gedanken nicht in so embryonischer Form, sondern mehr gegliedert und ausgeführt, geboren worden wären. Aber Sie werden zu sehr von anderen Dingen in Anspruch genommen sein.

In aufrichtiger Hochachtung

Ihr dankbarer

PREYER.

Leipzig, d. 13. Jan. 74.

Hochgeehrter Herr Professor,

Es konnte mich nur freuen, einem Bedenken, das sich mir beim Studium Ihrer myophysischen Untersuchung aufgedrungen hatte, durch Ihre Gegenbemerkungen die Spitze abgebrochen zu sehen, nachdem ich demselben schon selbst mifstraut hatte, und in der Gesetzlichkeit der Resultate eine Bürgschaft für ihre Sicherheit fand. Es ist ja ganz richtig, was Sie bemerkten, woran ich aber garnicht gedacht hatte, dafs es bei Ihren Versuchen nicht sowohl auf die absolute Stärke des tetanisierenden Stromes, unter dessen Einflufs sich der Muskel zusammenzieht, als die Dichtigkeit, mit welcher jeder Querschnitt des Muskels durchströmt wird, ankommt, und dafs, wenn der Muskel sich zusammenzieht und dadurch verdickt, in der Abnahme der Dichtigkeit wegen Vergröfserung des Querschnitts eine Kompensation für die Vermehrung der Dichtigkeit durch die Verstärkung des Gesamtstromes gesucht werden kann. Wenn es aber vielleicht nicht als ganz selbstverständlich gefunden werden sollte, dafs ein doppelter Reiz, auf den

doppelten Querschnitt verteilt, zur Verkürzung des Muskels ebenso wirkt, als ein einfacher Reiz auf den einfachen Querschnitt angewandt, wie vorausgesetzt wird, so ist es doch die einfachste Annahme, die man machen kann, und bei der man sich beruhigen kann, wenn sie wirklich zu gesetzlichen Resultaten führt, daher kaum ein Einwurf von daher zu erwarten. Auch schien mir für den ersten Anblick die Sache in zufriedenstellender Weise durch Ihre Gegenbemerkung abgethan. Bei näherer Erwägung jedoch besorge ich, dafs sich auf Grund dieser Gegenbemerkung selbst das aufgestellte Bedenken, nur in anderer Weise, aufs neue erhebt und noch weitere Erörterungen zur Erledigung erfordern dürfte. Bei dem positiven Interesse, was ich an Ihrer Untersuchung nehme, und dem Wunsche, dafs Sie allen Bedenken, die etwa von anderer Seite erhoben werden könnten, zuvorzukommen vermöchten, gestatten Sie mir wohl, Ihnen noch folgende Bemerkungen vorzulegen.

Sie geben selbst zu, dafs jene Kompensation, auf die Sie bei Ihren grundlegenden Versuchen rechnen, nicht vollständig sein kann; aber wird sie auch genügend für die Sicherstellung Ihrer Resultate sein?

Zur vollen Strenge derselben in den zwei ersten Versuchsabschnitten würde gehören, dafs, wenn l die volle Länge des mit p belasteten unverkürzten Muskels, λ die Länge des um h gehobenen Muskels l (so dafs $\lambda = l - h$) ohne Gewicht unter Einflufs derselben elektromotorischen Kraft des tetanisierenden Stroms ist, die Stromdichte im Muskel im Übergang von l zu λ unverändert bleibe, oder, wenn die Dichtigkeit im unverkürzten Muskel D, im verkürzten $\mathfrak{D}$ heifst, $\mathfrak{D} = D$, mithin $\frac{\mathfrak{D}}{D} = 1$ bleibe.

Nun liegt die Anordnung Ihrer Versuche irgendwie inmitten zwischen den zwei extremen Fällen, dafs der Leitungswiderstand der Kette aufser dem darin enthaltenen Muskel, kurz äufserer Widerstand, gegen den des Muskels,* kurz inneren Widerstand desselben verschwinde, oder dafs das umgekehrte der Fall sei; und eine einfache Überlegung lehrt, dafs beim Übergange von l in λ das Verhältnis $\frac{\mathfrak{D}}{D}$, anstatt gleich 1 zu

* Die genauere Unterscheidung zwischen dem Leitungswiderstande des verkürzten und unverkürzten Muskels ist in der auf Rechnung eingehenden Beilage gemacht. [F. 1874]

bleiben, erstenfalls $= \frac{l}{\lambda}$, zweitenfalls $= \frac{\lambda}{l}$ wird, also bei Verkürzung des Muskels auf die Hälfte erstenfalls gleich 2, zweitenfalls gleich $\frac{1}{2}$ wird. In der That hängt, bei gleich gehaltener elektromotorischer Kraft und überhaupt Gleichheit der tetanisierenden Einwirkung, die auf den Muskelquerschnitt zu verteilende Stromstärke erstenfalls blofs von dem Leitungswiderstande des Muskels, zweitenfalls dem der Kette aufser dem Muskel ab. Erstenfalls ist sie bei der Länge l und dem zugehörigen Querschnitt Q proportional mit $\frac{Q}{l}$, bei der Länge λ und dem zugehörigen Querschnitt $\mathfrak{Q}$ proportional $\frac{\mathfrak{Q}}{\lambda}$ und die durch Division, respectiv mit Q und $\mathfrak{Q}$ zu erhaltenden Dichtigkeiten D und $\mathfrak{D}$ proportional $\frac{1}{l}$ und $\frac{1}{\lambda}$, was zu obigem Verhältnis führt. Zweitenfalls nimmt die zu verteilende Stromstärke mit Übergang von l in λ weder zu, noch ab, der Querschnitt $\mathfrak{Q}$ wächst aber, da $\mathfrak{Q}\lambda$ konstant bleibt, im umgekehrten Verhältnis von $\frac{\lambda}{l}$, und nimmt hiermit $\frac{\mathfrak{D}}{D}$ in entsprechendem Verhältnisse ab.

Nun entspricht Ihre Versuchsanordnung natürlich weder dem ersten noch zweiten Grenzfalle, ohne dafs sich ohne nähere Untersuchung beurteilen läfst, wie weit sie vom einen oder andern abliegt. Jedenfalls giebt es einen Fall dazwischen, wo $\frac{\mathfrak{D}}{D}$ beim Übergang von l in λ gleich 1 bleibt, und es läfst sich von vornherein denken, dafs um diesen Fall herum die Verhältnisse in so weiten Grenzen variiert werden können, um die Abweichung des Verhältnisses $\frac{\mathfrak{D}}{D}$ von 1 bei Ihren Versuchen nicht so grofs werden zu lassen, dafs die Resultate Ihrer Untersuchung dadurch merklich gestört werden. Aber eine eingehendere Untersuchung will mir dieser Annahme nicht recht günstig scheinen, da bei jedem Verhältnisse der Leitungswiderstände das Verhältnis $\frac{\mathfrak{D}}{D}$ für Variationen des Verhältnisses $\frac{\lambda}{l}$ ziemlich empfindlich bleibt. Dies läfst sich aus folgender

allgemeineren Formel folgern, deren Ableitung ich hinten beilege, ohne Sie mit der Einsicht darein belästigen oder Ihnen damit vorgegriffen haben zu wollen, falls Sie die Sache selbst in genaueren mathematischen Betracht nehmen wollen; wesentlich habe ich mich nur selbst dadurch in der Beurteilung der Sache orientieren wollen; doch kann eine gegenseitige Kontrolle nützlich sein.

Sei $\alpha = \frac{\lambda}{l}$ das Verhältnis der verkürzten zur unverkürzten Muskellänge, entsprechend $1 - H$ nach Ihrer Bedeutung des H,* und $\beta = \frac{\mathfrak{L}_1}{\mathfrak{L}}$ das Verhältnis des Leitungswiderstandes des unverkürzten Muskels zum Leitungswiderstande der Kette aufser dem Muskel. Hiernach hat man zufolge der Beilage

$$\frac{\mathfrak{D}}{D} = \frac{\alpha\,(1 + \beta)}{1 + \alpha^2\,\beta}$$

welcher Wert für die beiden Fälle 1 wird, dafs $\alpha = 1$, welches immer β sei, und dafs $\alpha = \frac{1}{\beta}$, wie sich durch Auflösung der quadratischen Gleichung ergiebt, wozu vorige Gleichung führt, und durch direkte Substitution dieser Werte für α in die Formel bestätigt.

Dafs nun $\frac{\mathfrak{D}}{D}$ bei $\alpha = 1$ selbst $= 1$ ist, ist von vornherein selbstverständlich, weil dies dem Fall $\lambda = l$ entspricht, wo keine Hebung stattfindet; aber auch bei geringer Abweichung zwischen λ und l, d. i. bei verhältnismäfsig geringer Hebung (kleinem H) ist die Abweichung des kurz mit δ zu bezeichnenden Verhältnisses $\frac{\mathfrak{D}}{D}$ von 1 nur bei starker Annäherung an den einen oder andern der obigen Grenzfälle sehr merklich, und sollte die Hebung bei Ihren und VOLKMANNS Versuchen nicht über $\frac{l}{4}$ betragen oder α nicht unter $\frac{3}{4}$ herabgehen, so liefse sich wohl denken, dafs die Versuche genügten; aber freilich gehen beide erheblich über eine so nahe Grenze hinaus. Nach der hinten mit beigelegten noch auf andere Werte von α erweiterten Tabelle (S. 26), entsprechen dem Werte $\alpha = \frac{3}{4}$

* $H = h/l$ = relative Hubhöhe. P.]

oder $H = \frac{1}{4}$ folgende Werte von δ bei folgenden Werten von β

β	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	2	4	∞
δ	0,750	0,822	0,878	0,960	1,017	1,059	1,154	1,333

bei kleineren Werten von α oder gröfseren von H aber kommen in der Skala der β-Werte viel stärkere Abweichungen der δ von 1 vor.

Der zweite Fall, wo $\delta = 1$ wird, d. i. wenn $\alpha = \frac{1}{\beta}$ oder $\frac{\lambda}{l} = \frac{\mathfrak{L}}{\mathfrak{L}_1}$, giebt das interessante Resultat, dafs die Dichtigkeit im verkürzten Muskel dieselbe als im unverkürzten bleibt, wenn sich die Länge λ des verkürzten Muskels zu der des unverkürzten l verhält, wie der Leitungswiderstand $\mathfrak{L}$ aufser dem Muskel zu dem des unverkürzten Muskels $\mathfrak{L}_1$. Insoweit sich nun α oder $1 - H$ zufällig in der Nähe dieses Verhältnisses hält, ist wiederum keine Störung zu besorgen; aber da β bei den verschiedenen Versuchen jeder Abteilung konstant bleibt, indefs α erheblich wechselt, kann dies nicht überall treffen.

Nun legen Sie, und gewifs mit Recht, das gröfste Gewicht auf die Versuche der dritten Abteilung; aber auch hierbei kann ich das vorige Bedenken nicht geschwunden halten; die Sache ist nur komplizierter, nicht anders, weil bei der Konstanz von $h - h_1$ oder gleichgeltend $\lambda - \lambda_1$ in zwei verglichenen Versuchspaaren doch die Verhältnisse der Verkürzungen, sowie Leitungswiderstände sich ändern, so dafs gleichen Verhältnissen des tetanisierenden Reizes nicht mehr gleiche Dichtigkeitsverhältnisse entsprechen, welche von jenen Verhältnissen abhängen; und die Abweichung von der Gleichheit kann ebenfalls sehr beträchtlich werden. Auch dies lässt sich durch, nur etwas kompliziertere, Formeln repräsentieren, welche in der Beilage gegeben sind.

Wie ist es aber möglich, dafs Ihre Versuche trotz alledem zu so gesetzlichen und wohl ineinandergreifenden Resultaten geführt haben? Ich gestehe, keine andere Erklärung zu wissen, als dafs in den vorigen Betrachtungen ebenso wie in

meinen frühern, noch ein Grundfehler steckt, den ich nur nicht zu finden weiſs, den Sie aber Ihrerseits wie den vorigen aufdecken dürften, und ich hoffe und wünsche, daſs es der Fall sein möge. Die Resultate Ihrer Versuche sind zu erwünscht und sprechen zu sehr für sich selbst. Jedenfalls kann es nicht fehlen, daſs ich mich schlieſslich in sachlicher Hinsicht Ihren eigenen Ansichten und Versuchen füge; hingegen mag es wohl sein, daſs wir in formeller Beziehung in einigem Zwiespalt bleiben, und obwohl sachlich nichts darauf ankommt, mögen wir immerhin auch hierüber uns etwas unterhalten.

Sie erkennen rücksichtslos auf die vorigen Bedenken, die ich hierbei ganz dahinstelle, Gültigkeitsgrenzen Ihrer Formeln nach oben und nach unten an, lehnen aber die von mir gebrauchte Bezeichnung, daſs sie prinzipiell seien ab. Sie sagen: „Wenn ein funktioneller Zusammenhang zwischen zwei Erscheinungsreihen durch eine mathematische Formel ausgedrückt worden ist, so liegt nicht der mindeste Grund vor, daſs der Formel über ein gewisses endliches Intervall hinaus nach oben und nach unten die Erscheinungen entsprechen müssen. Im Gegenteil, nicht bloſs die Konstanten, sondern die Funktion wird sich wahrscheinlich jenseits des empirisch ermittelten Intervalls ändern, wenn die Formel sehr einfach und das Objekt sehr kompliziert ist.“ Aber ich entgegne: wenn eine Formel, die ein Funktionsverhältnis ausdrücken soll, über gewisse Grenzen hinaus nicht genügt, so kann sie nach mathematischem Zusammenhange auch in den Grenzen, in denen sie zu genügen scheint, weil die Abweichung zu fein für unsre empirische Ermittelung ist, nicht vollständig genügen, und das, meine ich, muſs man doch eine prinzipielle Abweichung nennen. Jeder zu einfachen Formel aber, die ein kompliziertes Verhältnis ausdrücken soll, wird eine solche zuzuschreiben sein, insofern man nicht von den komplizierenden Umständen abstrahiert, also die Formel ausdrücklich nicht darauf mit bezieht. Hingegen spreche ich von keiner prinzipiellen Abweichung, wenn sie auf Nebenumständen beruht, die in Aufstellung der Formel wirklich von der Berücksichtigung ausgeschlossen sind, und würde hiernach auch eine, von Schädigung des Muskels durch zu starke Reizwirkung veranlaſste Abweichung von der Giltigkeit Ihrer Formeln nach oben nicht für prinzipiell halten, weil Ihre Formeln nur für den ungeschädigten

Muskel gelten sollen. Nur dafs sie auch für diesen nach oben zu einem unmöglichen Resultate führen, scheint mir prinzipiell, wenn schon die Formel innerhalb gewisser Grenzen empirisch noch sehr zulänglich und nützlich sein kann. Sie sagen: „Es ist sehr möglich, dafs die Differenzialgleichung $dh = K \frac{dq}{q}$ auch für den Fall gilt, wo die Hubhöhe, ihr sichtbares Maximum erreicht habend, nur noch asymptotisch einer idealen gröfstmöglichen Hubhöhe sich nähert, nur müfste dann K sich ändern und zwar immer kleiner, schliefslich unendlich klein werden." Wohl, aber dann mufs diese Änderung von K mit der Hubhöhe in die Formel wirklich aufgenommen sein, um das prinzipielle Ungenügen zu beseitigen, indes K in Ihrer Formel als wirkliche Konstante steht und von Ihnen verwertet wird. Ich selbst suchte durch eine in Aussicht gestellte mögliche Modifikation Ihrer Formel der Konstanten K die erwünschte Variabilität mit h zu verleihen, worauf einzugehen Sie doch ablehnen, indem Sie bemerken, dafs die kleinstmögliche Länge kein konstanter Teil der Ruhelänge sei, wie bei mir vorausgesetzt wurde. Aber dies braucht doch nur für den ungeschädigten Muskel vorausgesetzt zu werden, da die Formel prinzipiell nur für diesen gelten soll, und könnte nicht durch stärkere und immer stärkere Schädigungen die Maximalhebung immer mehr herabgebracht werden, da sie für den ganz todten Muskel sogar null ist? Ja sollte sich nicht selbst die Abhängigkeit K's vom Grade der Schädigung in die Formel mit aufnehmen und nach der Maximalhebung experimentell verfolgen lassen?

Was die untere Gültigkeitsgrenze Ihrer Formel anlangt, so hat sich das Blättchen dahin gewendet, dafs ich, nachdem ich Ihre Auffassung derselben angegriffen, jetzt vielmehr meine Auffassung gegen die Ihrige zu verteidigen habe. Sie finden keinen prinzipiellen Mifsstand darin, dafs die myophysische Mafsformel unterhalb der Schwelle negative Hebungen, d. h. Ausdehnungen des Muskels gibt, die sich doch in der Erfahrung nicht finden, und acceptieren die Vorstellung nicht, die ich zur Beseitigung dieses Mifsstandes geltend zu machen suchte und auch jetzt noch geltend mache, nur dafs ich in der Berufung auf das Beispiel der Reibung statt des übereilt gebrauchten Ausdrucks, dafs vernichtete Geschwindigkeit mit negativem Vorzeichen zu bezeichnen sei, vielmehr das, was an posi-

tiver Geschwindigkeit noch fehlt, im Sinne meiner Vorstellungsweise so zu bezeichnen habe. Doch dies beiseite. Sie stimmen hingegen DELBOEUF in dem Einwurfe, den er gegen meine Auffassung der negativen Empfindungswerte erhebt, bei und können dann natürlich auch in der Myophysik nicht von dieser Auffassung Gebrauch machen. Nun ist mir DELBOEUFS Schriftchen* erst vor ein paar Tagen zugekommen, und habe ich es daher noch nicht durchstudieren können, aber doch das, worauf es in der hier angeregten Frage ankommt, näher eingesehen und hierüber folgendes zu sagen:

DELBOEUF macht wesentlich zwei Einwände, deren ersten, mit „*Devons nous insister*“ *etc.* auf p. 15 beginnenden, ich glaube, übergehen zu können, teils weil ich vermute, dafs Sie ihn selbst nicht teilen, teils weil er samt dem daran Geknüpften unsere Differenz nicht wesentlich angeht. Was aber den andern, von Ihnen geteilten Einwurf betrifft, der sich direkt gegen meine Deutung der negativen Empfindungswerte richtet, so kann ich nur sagen, dafs er auf einem Mifsverständnisse meiner Auffassung beruht, von dem ich wohl glauben mufs, dafs ich es verschuldet habe, weil Sie mit DELBOEUF darin zusammentreffen, aber mich doch befremdet finde, dafs es der Fall ist.

DELBOEUF sagt p. 17: „*Nous pourrions* a priori *rejeter des sensations négatives, parceque les sensations sont nécessairement quelque chose, et que l'expression sensation négative est un non-sens. . . . . D'après Fechner, une sensation négative est une sensation très faible dont on n'a pas conscience*“ etc. Sie werden das Übrige leicht aus dem Gedächtnis oder durch Nachschlagen ergänzen; doch kommt wenig darauf an, weil sich schon hier zeigt, dafs DELBOEUFS Einwurf teils den Gebrauch eines Wortes trifft, ohne die unterliegende Sache zu treffen, über die ich mich deutlich genug ausgesprochen zu haben glaubte, teils gegen eine Auffassung der Sache gerichtet ist, die ich garnicht habe.

In der That verstehe ich ausdrücklich unter negativer Empfindung nicht eine sehr schwache Empfindung, von der man kein Bewufstsein hat, wie mir DELBOEUF unterlegt, sondern eine imaginäre Empfindung, die garnicht da ist, indes doch partielle Bedingungen ihrer Entstehung da sind, eine Em-

---

* *Etude psychophysique par J. Delboeuf. Bruxelles, 1873 (Hayez). Extrait du tome XXIII des Mémoires publiés par l'Acad. roy. de Belgique.* [P. 1890.]

pfindung, an deren Zustandekommen insofern noch etwas fehlt, als an den Bedingungen ihres Zustandekommens noch etwas fehlt, oder kurz, das Fehlende an einer Empfindung als Funktion des Verhältnisses dessen, was von den Bedingungen dazu doch da ist zu dem, was da sein müfste, sollte die Empfindung wirklich entstehen. Und wenn man fragt: wie läfst sich überhaupt noch von einer Empfindung sprechen, wenn eine solche nicht da ist, so sage ich, in demselben Sinne als sich von imaginären Gröfsen in der Mathematik sprechen läfst, ohne dafs eine Gröfse da ist. Auch verwechsele ich negative und imaginäre Empfindungswerte (die nach den Verhältnissen der Empfindung zusammenfallen) eben deshalb nicht mit Nullwerten der Empfindung, weil die Mathematik solche Werte nicht verwechselt, und sollte meinen, dafs Sie, wenn Sie die Notwendigkeit solcher Unterscheidung in der Mathematik anerkennen, schon durch die Konsequenz sich dann genötigt finden müfsten, solche auch in der Verwendung der Mathematik in der Psychophysik anzuerkennen, oder mit dieser Verwendung die Psychophysik selbst fallen zu lassen. Aber Sie finden keinen Anhalt der Vorstellung für eine solche Unterscheidung im Empfindungsgebiete. Sie sagen: „Entweder hat die Ganglienzelle eine Empfindung oder sie hat keine.“ Und ich selbst sage: sollte die Empfindung an sich, abstrakt von ihrer physischen Unterlage betrachtet werden, so wäre jener Unterschied nicht zu machen oder gleichgültig; aber so ist es ja nicht, vielmehr ist es gerade die Abhängigkeit des Psychischen von der physischen Unterlage, womit sich die Psychophysik beschäftigt, sind es die physischen Entstehungsbedingungen der Empfindung, die sie durch ihre Formeln unter sich fassen will. Da aber ist es nicht gleichgültig, ob eine Empfindungsgröfse mit Null bezeichnet wird, wo der geringste Zuwachs der unterliegenden psychophysischen Bewegung positive Empfindung hervortreten läfst, oder mit gröfseren oder geringeren negativen Werten, wonach erst gröfsere oder geringere Zuwüchse der physischen Bedingung dazu nötig sind. Auch gewinnt eine „Entfernung der Empfindung vom Dasein“, die ich als negative Empfindung fasse, und die bei einer abstrakten Empfindung keine angebbare Bedeutung hätte, als Funktion der allgemeinen Daseinsbedingungen der Empfindung und nach dem Zusammenhange mit den Entstehungsbedingungen der positiven Em-

pfindung allerdings einen bestimmten Sinn. Sie sagen: man könne sich unter „negativen Farben, negativen Tönen“ nichts vorstellen. Gewiſs nichts unter negativen physischen Farben oder Tonschwingungen, — die aber in der Psychophysik gar nicht vorkommen, da selbst den negativen Empfindungen noch positive Werte psychophysischer lebendiger Kraft zugehören, — wohl aber unter negativen Empfindungen von Farben, Tönen, wenn man sie in angegebener Weise faſst.

Meinerseits scheint mir das gerade eine schöne Eigenschaft der Maſsformel, daſs sie in mathematischem Zusammenhange mit dem Maſse der wirklich vorhandenen Empfindung zugleich ein Maſs der Entfernung von dem wirklichen Vorhandensein oder, anders gesagt, mit dem Maſse der Bewuſstseinshelligkeit ein Maſs der Tiefe des Unbewuſstseins giebt, und zugleich, daſs sie dem unklar oder in sich widerspruchsvoll erscheinenden Ausdruck unbewuſster geistiger Thätigkeit, den doch die Psychologie kaum missen kann, eine exakte und exakter Verwertung fähige Deutung unterlegt.

Ob ich Sie mit allen diesen Erörterungen zu befriedigen vermag, weiſs ich freilich nicht, da Sie durch die Erörterungen in meinen *Elementen*, die im vorigen nur etwas ausgeführt sind, nicht befriedigt worden sind; doch werde ich dabei beharren müssen, so lange ich mich nicht von der Triftigkeit der Gegenerörterungen zu überzeugen vermag.

Aus dem bisher nur ganz oberflächlichen Einblick in den übrigen Inhalt der Delboeufschen Schrift sehe ich, daſs er meine Maſsformel (die ich selbst für prinzipiell streng nur im Gebiete der inneren Psychophysik ansehe) dahin modifiziert hat, daſs die untere Abweichung derselben von der Gültigkeit (die in der äuſseren Psychophysik nachweislich ist) im Gebiete der Lichtempfindung (scheinbar) wegfällt.

Eine nur etwas allgemeinere Formel habe ich schon zu demselben Zwecke p. 108 und 195 des zweiten Teiles meiner *Elemente* gegeben und ziehe bis auf weiteres die meinige vor, da Delboeufs Formel für den Fall, daſs gar kein Lichtreiz das Auge trifft, die Lichtempfindung Null werden läſst, indes doch die Empfindung des Augenschwarz übrig bleibt, die freilich Manche für keine Empfindung halten möchten. Dies wird nicht hindern, daſs seine Resultate in den Grenzen seiner Versuche

gut genug mit der Erfahrung stimmen, was ich voraussetze, ohne sie bisher noch darauf angesehen zu haben.

Es hat mich gefreut, dafs Sie meinen „*Ideen zur Schöpfungsgeschichte*“ *etc.* einige Aufmerksamkeit geschenkt haben. Freilich sehr embryonisch sind sie, und ich werde nicht im stande sein, sie über diesen Zustand hinauszubringen; ein Embryo aber kann noch ebenso gut sterben als fortleben. Gewifs aber ist auch die bisherige Gestaltung der Descendenzlehre nicht bestandfähig, und ihre schwachen Füfse werden dadurch nicht stärker, dafs sie sich auf ein ungeheures und täglich sich mehrendes Material stützen.

Indem ich hoffe, dafs Sie dem Interesse, was ich an dem Gegenstande und der Führung Ihrer Untersuchung an sich und wegen der Beziehung zum Gegenstande eigner Untersuchung nehme, das weite Auslaufen der vorigen Ausführungen zu gute halten werden, mit dem Ausdrucke vorzüglicher Hochachtung

Ihr ergebenster

Prof. Fechner.

Beilage.

Zur Strenge der Resultate in den zwei ersten Abteilungen der Versuche in Preyers Schrift wird gefordert, dafs die Dichtigkeit des tetanisierenden Stromes, in irgend einem Querschnitt des Muskels ins Auge gefafst, unverändert bleibe, wenn der Muskel von der unverkürzten Länge, die ihm durch das Gewicht erhalten wird, in die Verkürzung übergeht, die der Wirkung des tetanisierenden Stromes entspricht, ohne durch ein Gewicht annulliert zu werden. Es wird zu untersuchen sein, wiefern sich nach den Umständen der Versuche auf dieses Gleichbleiben rechnen läfst.

Sei l die Länge des unverkürzten, λ die des verkürzten Muskels, h die absolute, H die verhältnismäfsige Hebung, so dafs $h = l - \lambda$, und $H = \frac{h}{l} = \frac{l - h}{l}$.* Sei D die Dichtigkeit des Stromes in einem gegebenen Querschnitt (eigentlich dünnen

* Mufs heifsen $\frac{l-\lambda}{l}$ statt $\frac{l-h}{l}$. [P. 1874.]

Scheibe) im unverkürzten, $\mathfrak{D}$ im verkürzten und durch die Verkürzung zugleich verdickten Muskel, so fragt sich, ob beim Übergange von l in λ sich die Gleichheit von $\mathfrak{D}$ mit D forterhält, oder allgemeiner, ob und wie sich das Verhältnis $\frac{\mathfrak{D}}{D}$ nach den Versuchsumständen ändert.

In den aufzustellenden Formeln lassen wir durch Proportionalität eingeführte konstante Faktoren, welche sich durch angemessene Wahl der Einheiten auf 1 reduzieren lassen, beiseite.

Sei nun J die gesamte Stärke des tetanisierenden Stromes, welche durch einen gegebenen Querschnitt des Muskels hindurchgeht und auf denselben verteilt zu denken ist, Q die Gröfse dieses Querschnitts im unverkürzten, $\mathfrak{Q}$ im verkürzten Muskel, so ist die Dichtigkeit des Stromes im ersten $D = \frac{J}{Q}$, im zweiten $\mathfrak{D} = \frac{J}{\mathfrak{Q}}$.

Sei $\mathfrak{L}$ der während der Hebung des Muskels konstant bleibende Leitungswiderstand der Kette aufser dem Muskel, L der je nach der Gröfse der Hebung variable Widerstand des Muskels, abhängig von Länge und Querschnitt desselben, so ist J proportional der konstant gehaltenen und hiermit $= 1$ zu setzenden, elektromotorischen Kraft, welche in dem tetanisierenden Apparat entwickelt wird, umgekehrt proportional dem gesamten Leitungswiderstande der Kette, worin der Muskel inbegriffen ist, also

$$J = \frac{1}{\mathfrak{L} + L}$$

worin L als Funktion der mit der Hebung sich ändernden Dimensionsverhältnisse des Muskels zu bestimmen ist.

Da der Wert von D blofs der besondere Fall des Wertes $\mathfrak{D}$ ist, wo $\lambda = l$ und $\mathfrak{Q} = Q$, so untersuchen wir zunächst auf Grund dieser Vorbestimmungen den allgemeinen Fall. Hiernach ist

$$\mathfrak{D} = \frac{J}{\mathfrak{Q}} = \frac{1}{\mathfrak{Q}(\mathfrak{L} + L)}$$

Da der Muskel sich bei seiner Zusammenziehung nicht verdichtet, mithin sein Volumen konstant $\mathfrak{Q}\,\lambda$ bleibt, so ändern

sich $\mathfrak{Q}$ und λ bei den Versuchen stets im umgekehrten Verhältnisse, und kann man $\frac{1}{\mathfrak{Q}}$ überall durch λ ersetzen, wonach

$$\mathfrak{D} = \frac{\lambda}{\mathfrak{L} + L}.$$

Der Wert von L aber ist proportional der Länge λ und umgekehrt proportional dem Querschnitt $\mathfrak{Q}$, also proportional $\frac{\lambda}{\mathfrak{Q}}$, oder, unter Ersatz von $\frac{1}{\mathfrak{Q}}$ durch λ, proportional λ^2, wonach, unter angemessener Einheitsbestimmung des Leitungswiderstandes,

$$\mathfrak{D} = \frac{\lambda}{\mathfrak{L} + \lambda^2}$$

Hierin bedeutet λ^2 zugleich den Leitungswiderstand des Muskels in seinem verkürzten Zustande und das Quadrat der Länge des verkürzten Muskels, welchem dieser Widerstand proportional ist. Daſs λ^2 als Quadrat mit dem einfachen $\mathfrak{L}$ nicht homogen erscheint, ist eben nur scheinbar, weil auch $\mathfrak{L}$ ein Produkt aus zwei Faktoren ist, davon einer von der Länge, der andere vom Querschnitt der Leitungsbahn auſser dem Muskel abhängt, nur daſs $\mathfrak{L}$ nicht auch auf ein Quadrat der Länge reduziert werden kann.

Nun kommt es nicht sowohl auf den Ausdruck von $\mathfrak{D}$, als von $\frac{\mathfrak{D}}{D}$, und auf die Frage an, wiefern er von 1 abweicht.

D aber erhält man durch Substitution von l und l^2 für λ und λ^2 in vorigen Ausdruck, wonach

$$\frac{\mathfrak{D}}{D} = \frac{\mathfrak{L} + l^2}{l} \cdot \frac{\lambda}{\mathfrak{L} + \lambda^2} \qquad (1)$$

Dieser Formel läſst sich folgende substituieren, welche $\frac{\mathfrak{D}}{D}$ als Funktion der Verhältnisse $\frac{\lambda}{l}$ und $\frac{l^2}{\mathfrak{L}}$ giebt, worin l^2 eben so den Leitungswiderstand des unverkürzten, als λ^2 den des verkürzten Muskels repräsentiert.

Sei nämlich

$$\frac{\lambda}{l} = \alpha; \frac{l^2}{\mathfrak{L}} = \beta, \text{ mithin } \lambda = \alpha l; \; l^2 = \beta \mathfrak{L}$$

und hiernach $\lambda = \alpha \sqrt{\beta \mathfrak{L}}$, so reduciert sich, durch Substitution dieser Werte, die Formel (1) auf

$$\frac{\mathfrak{D}}{D} = \frac{\alpha (1 + \beta)}{1 + \alpha^2 \beta} \qquad (2)$$

Da das h und H PREYERS respektiv $h = l - \lambda$, $H = \frac{l - \lambda}{l}$ mithin $\lambda = l - h$, $= l\,(1 - H)$, so kann man durch demgemäfse Substitution in (1) auch $\frac{\mathfrak{D}}{D}$ von h oder H abhängig machen, doch sind die vorigen Formeln einfacher.

Formel (1) lehrt nun unmittelbar, dafs je nachdem der Leitungswiderstand $\mathfrak{L}$ aufser dem Muskel gegen den des verkürzten Muskels λ^2, oder der des unverkürzten Muskels l^2 gegen den Leitungswiderstand aufser dem Muskel $\mathfrak{L}$ verschwindet,

$$\frac{\mathfrak{D}}{D} = \frac{l}{\lambda} \text{ oder} = \frac{\lambda}{l} \text{ ist.}$$

Erstenfalls nämlich, wenn $\mathfrak{L}$ gegen λ^2 verschwindet, verschwindet $\mathfrak{L}$ um so mehr gegen l^2, wodurch (1) übergeht in

$$\frac{\mathfrak{D}}{D} = \frac{l^2}{l} \cdot \frac{\lambda}{\lambda^2} = \frac{l}{\lambda}$$

Zweitenfalls, wenn l^2 gegen $\mathfrak{L}$ verschwindet, verschwindet um so mehr λ^2 dagegen, und hat man

$$\frac{\mathfrak{D}}{D} = \frac{\mathfrak{L}}{\mathfrak{L}} \cdot \frac{\lambda}{l} = \frac{\lambda}{l}$$

Dazwischen kann noch der Fall gedacht werden, dafs zwar λ^2 aber nicht l^2 gegen $\mathfrak{L}$ verschwindet, d. h. der Widerstand des verkürzten aber nicht des unverkürzten Muskels, weil ersterer mit der Verkürzung ins Unbestimmte abnimmt, indes letzterer konstant bleibt; was jedoch im allgemeinen nur bei starken Verkürzungen der Fall sein kann und in den hier in Betracht kommenden Folgerungen nichts ändert.

Da die Versuche PREYERS jedenfalls zwischen die vorigen Grenzen, wo $\frac{\mathfrak{D}}{D}$ nicht 1 sein kann, fallen, zwischen diesen Grenzen es aber Verhältnisse geben mufs, wo der geforderte Wert 1 eintritt, so gilt es, allgemeiner diese Verhältnisse zu bestimmen, wozu Formel (2) am bequemsten ist.

Hiernach aber wird $\frac{\mathfrak{D}}{D} = 1$ nur für zwei partikuläre Fälle, nämlich wenn $\alpha = 1$ und wenn $\alpha = \frac{1}{\beta}$, wovon ersteres eine verschwindende Hubhöhe bedeutet, die keinen Versuch gibt, letzteres den Fall, dafs das Verhältnis der verkürzten zur unverkürzten Länge des Muskels gleich dem Verhältnisse des Leitungswiderstandes aufser dem Muskel zu dem des unverkürzten Muskels sei. Natürlich nun ändert sich ersteres Verhältnis mit der Gröfse der Verkürzung, indes letzteres konstant bleibt, wonach das geforderte Verhältnis $\frac{\mathfrak{D}}{D} = 1$, wenn es auch zufällig bei einer gewissen Hebung getroffen sein sollte, bei andern Hebungen, mithin in der Durchführung der Versuche, fehlschlagen mufs, welches Verhältnis immer die Leitungswiderstände l^2 und $\mathfrak{L}$ zu einander haben mögen.

Sollten sich die Versuche innerhalb kleiner Abweichungen des Wertes α von 1 halten (was an sich sehr wohl mit Variationen von H in starkem Verhältnisse verträglich wäre, wenn nur H dabei absolut kleine Werte behielte, sofern $\alpha = 1 - H$), so liefse sich denken, dafs die bei $\alpha = 1$ verschwindende Abweichung des $\mathfrak{D}$ von D klein genug bliebe, um den Erfolg der Versuche nicht zu benachteiligen; aber die Abweichungen des α von 1 oder seiner Ergänzung H von 0 steigen in den beiden ersten Abteilungen der Versuche (mit Rücksicht, dafs $H = \frac{h}{l}$ und l nach S. 54, Reihe XVI ungefähr 27 Mill. ist) beträchtlich an.

Hier eine kleine Tabelle, deren Zahlen in dem von den Werten α und β umrahmten Raume die zugehörigen Werte von $\frac{\mathfrak{D}}{D}$ geben.

	β							
α	0	0,25	0,5	1	1,5	2	4	∞
1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,75	0,75	0,822	0,878	0,960	1,017	1,059	1,154	1,333
0,5	0,5	0,588	0,667	0,800	0,909	0,917	1,500	2,000
0,25	0,25	0,308	0,363	0,471	0,571	0,667	1	4,000
0	0	0	0	0	0	0	0	unbest.

Bei den Versuchen des dritten Abschnitts kommt es zur vollen Strenge der Resultate darauf an, daſs in zwei oder mehr miteinander verglichenen Versuchspaaren einem gleichen Verhältnisse zweier Dichtigkeiten $\mathfrak{D}$, $\mathfrak{D}_1$ ein gleicher Unterschied der zugehörigen Hebungen h, h_1 oder, was auf dasselbe herauskommt, der verkürzten Muskellängen $\lambda - \lambda_1$ entspricht, wenn auch wegen verschiedener Ermüdung bei gleichgehaltenem Reizverhältnisse die absoluten Werte von h, h_1 oder λ, λ_1 sich von einem Versuchspaare zum andern erheblich ändern; wonach aber auch umgekehrt zur Gleichheit von $\lambda - \lambda_1$ in den verglichenen Versuchspaaren die Gleichheit des zugehörigen Verhältnisses $\frac{\mathfrak{D}}{\mathfrak{D}_1}$ zur Sicherstellung der Resultate zu fordern sein wird.

Preyer hält bloſs die Gleichheit des Reizverhältnisses in den verglichenen Versuchspaaren fest, aber dies würde nur genügen, wenn das Dichtigkeitsverhältnis in den verglichenen Versuchspaaren damit koinzidierte. Untersuchen wir nun, wiefern dies nach den Umständen der Versuche, welche ein gleiches $\lambda - \lambda_1$ bei gleichgehaltenem Reizverhältnisse in den verschiedenen Versuchspaaren ergeben, der Fall sein kann.

Seien λ und λ_1 die den Dichtigkeiten $\mathfrak{D}$ und $\mathfrak{D}_1$ in einem Versuchspaare, $\mathfrak{l}$ und $\mathfrak{l}_1$ die den Dichtigkeiten T und T_1 in einem andern Versuchspaare zugehörigen, verkürzten Muskellängen, da wir nicht dieselben Bezeichnungen für beide Paare fortbehalten können, und sei $\lambda - \lambda_1 = \mathfrak{l} - \mathfrak{l}_1 = const.\ c$, mithin $\lambda_1 = \lambda + c$ und $\mathfrak{l}_1 = \mathfrak{l} + c$.*

* Muſs heiſsen $\begin{matrix}\lambda_1 = \lambda - c \\ \mathfrak{l}_1 = \mathfrak{l} - c\end{matrix}$. [P. 1874]

Sei kurz $\frac{\mathfrak{D}_1}{\mathfrak{D}} = \delta$, und $\frac{T_1}{T} = \tau$. Es fragt sich, ob im Übergange vom einen zum andern Versuchspaare unter den gemachten Voraussetzungen $\delta = \tau$ oder $\frac{\delta}{\tau} = 1$ bleibt.

Nun ist unter Beiseitlassung konstanter Faktoren, welche in den Quotienten sich heben, nach dem oben (S. 23) gegebenen allgemeinen Ausdrucke für $\mathfrak{D}$, in den wir nur die partikulären Werthe λ, λ_1, $\mathfrak{l}$, $\mathfrak{l}_1$ zu substituieren haben:

$$\delta = \frac{\mathfrak{D}_1}{\mathfrak{D}} = \frac{\lambda_1 (\mathfrak{L} + \lambda^2)}{\lambda (\mathfrak{L} + \lambda_1^2)} = \frac{(\lambda + c)(\mathfrak{L} + \lambda^2)}{\lambda [\mathfrak{L} + (\lambda + c)^2]} \; *$$

$$T = \frac{T_1}{T} = \frac{\mathfrak{l}_1 (\mathfrak{L} + \mathfrak{l}^2)}{\mathfrak{l} (\mathfrak{L} + \mathfrak{l}_1^2)} = \frac{(\mathfrak{l} + c)(\mathfrak{L} + \mathfrak{l}^2)}{\mathfrak{l} [\mathfrak{L} + (\mathfrak{l} + c)^2]} \; **$$

Der erste Blick auf diese Ausdrücke lehrt, dafs unmöglich $\frac{\delta}{\tau}$ allgemein, sondern nur für ganz besondere Fälle gleich 1 sein kann, dafs vielmehr je nach den Verhältnissen zwischen λ, λ_1, $\mathfrak{l}$, $\mathfrak{l}_1$, welche mit den Unterschieden derselben garnicht proportional gehen, unter Mitbestimmung durch den konstanten Wert $\mathfrak{L}$ der kurz mit $\mathfrak{q}$ zu bezeichnende Wert $\frac{\delta}{\tau}$ sich sehr ändern kann.

Setzen wir erst $\mathfrak{L}$ sehr grofs im Verhältnis gegen den Leitungswiderstand des Muskels in allen Zuständen der Verkürzung, so dafs λ^2, λ_1^2, $\mathfrak{l}^2$, $\mathfrak{l}_1^2$ dagegen verschwinden, so ist

$$\mathfrak{q} = \frac{\lambda_1 \mathfrak{l}}{\lambda \mathfrak{l}_1} = \frac{(\lambda + c)\mathfrak{l}}{(\mathfrak{l} + c)\lambda} \; ***$$

welcher Wert nur bei Gleichheit von λ mit $\mathfrak{l}$ oder verschwindendem c, gleich 1 sein kann, d. h. wenn in den verglichenen Versuchspaaren die absoluten Hebungen gleich sind, was nichts

* Mufs heifsen $= \frac{(\lambda - c)(\mathfrak{L} + \lambda^2)}{\lambda [\mathfrak{L} + (\lambda - c)^2]}$

** Mufs heifsen $= \frac{(\mathfrak{l} - c)(\mathfrak{L} + \mathfrak{l}^2)}{\mathfrak{l} [\mathfrak{L} + (\mathfrak{l} - c)^2]}$

*** Mufs heifsen $= \frac{(\lambda - c)\mathfrak{l}}{(\mathfrak{l} - c)\lambda}$

[P. 1874]

beweist, wogegen, wenn c sehr grofs gegen λ und $\mathfrak{l}$ ist, $\mathfrak{q}$ nahe $= \frac{\mathfrak{l}}{\lambda}$ wird.

Sei gegenteils $\mathfrak{L}$ sehr klein gegen λ^2, λ_1^2, $\mathfrak{l}^2$, $\mathfrak{l}_1^2$, so ist

$$\mathfrak{q} = \frac{\lambda\,\mathfrak{l}_1}{\lambda_1\,\mathfrak{l}} \;*$$

was der reziproke Wert des obigen ist, der aber wieder nur bei $\lambda = \mathfrak{l}$ oder bei $c = 0$ den Wert $\mathfrak{q} = 1$, bei grofsem c aber merklich $= \frac{\lambda}{\mathfrak{l}}$ giebt.

Um ein Beispiel für einen mittleren Fall zu berechnen, sei:

$$\lambda = \frac{l}{2},\; \lambda_1 = \frac{l}{3},\; \text{mithin } c = \frac{l}{6}$$

$$\mathfrak{l} = \frac{\lambda}{2} = \frac{l}{4},\; \mathfrak{l}_1 = \mathfrak{l} + c = \frac{5}{12} \;**$$

endlich $l^2 = \mathfrak{L}$, so findet man

$$\delta = \frac{3}{4},\quad \tau = \frac{255}{169}$$

$$\mathfrak{q} = \frac{\delta}{\tau} = \frac{507}{1020},\; \text{also merklich} = \frac{1}{2} \;***$$

---

* $= \frac{\lambda\,(\mathfrak{l} - c)}{\mathfrak{l}\,(\lambda - c)}$ [P. 1874].

** Müfste heifsen $\mathfrak{l}_1 = \mathfrak{l} - c = \frac{1\,.\,l}{12}$, aber $\mathfrak{l}_1 = l : 12$ ist unmöglich, weil dann $H = 0{,}916$. [P. 1874]

*** Ich finde nach den korrigierten Formeln (Anm. S. 26) für dieses Beispiel, wo l Ruhelänge, $\mathfrak{l}$ verkürzte Länge, und hier ist c absolut sehr grofs,

$$\lambda = \frac{l}{2},\; \lambda_1 = \frac{l}{3},\; \text{mithin } c = \frac{l}{6}$$

$$\mathfrak{l}_1 = \frac{\lambda}{2} = \frac{l}{4},\; \mathfrak{l} = \mathfrak{l}_1 + c = \frac{5l}{12}$$

sowie

$$\mathfrak{l}^2 = \mathfrak{L}$$

$$\delta = \frac{122}{123} \text{ und } \tau = \frac{15}{17}$$

$$\mathfrak{q} = \frac{\delta}{\tau} = \frac{2074}{1845} = 1{,}12 \text{ also der 1 nahe.}$$

Aber die Voraussetzung $\mathfrak{l}^2 = \mathfrak{L}$ ist ebenso unzulässig wie die obige $l^2 = \mathfrak{L}$. [P.]

Jena, am 18. Jan. 1874.

Hochgeehrter Herr Professor,

Sie haben mir durch Ihre Sendung eine große Freude bereitet. Ich weiß Ihnen nicht genug zu danken für das tiefe Eingehen auf die myophysischen Untersuchungen und hege die Überzeugung, daß durch solche Auseinandersetzungen nicht bloß zwischen Ihnen und mir Meinungsverschiedenheiten sich ausgleichen werden (vielleicht mit Ausnahme der Ansichten über die Giltigkeitsgrenzen mathematischer Formeln in ihrer Anwendung auf die Erscheinungen), sondern auch ein positiver Gewinn für die Forschung erzielt werden wird.

1. Zuvörderst anerkenne ich vollkommen das von Ihnen geltend gemachte Bedenken gegen die Gewichtsversuche, das Bedenken, ob im verkürzten tetanisierten Muskel die Stromdichte allgemein gleich sein könne der Stromdichte im unverkürzten mit demselben Reize gereizten äquilibrierten Muskel. Sie verlangen zur Strenge meiner Versuchsresultate, daß dieser Forderung genügt werde, beweisen, daß ihr bei meiner Versuchsweise nicht genügt sei, und trauen mir freundlichst die Aufdeckung eines Grundfehlers in Ihren Betrachtungen zu.

Ich habe also zu untersuchen 1) ob jene Forderung faktisch unerläßlich, 2) ob in Ihrem Beweise etwas untriftig ist, 3) ob die Voraussetzungen Ihres Beweises zutreffen.

Ad *1) will ich mit Ihnen annehmen, daß der Forderung bei den Gewichtsversuchen annähernd genügt sein muß.*

Ad *2) will ich mit Ihnen die Richtigkeit sämtlicher* D e d u k t i o n e n *im Beweise annehmen. Nur sind S. 26 in der Beilage unten zweimal die Vorzeichen umzukehren. Ich habe mir erlaubt, die dadurch modifizierten Formeln S. 27 unter den Text zu schreiben und lege das Manuscript bei. Durch diese Umänderung gestaltet sich auch das fingierte Beispiel S. 28 anders. Dasselbe findet sich S. 28 unten rekonstruiert. Durch die Zeichenumkehr wird übrigens die höchst interessante Formel S. 28 oben nicht verändert. Das von Ihnen formulierte Resultat des ganzen Beweises wird hiervon nicht affiziert, sofern es sich in jener Formel konzentriert, wovon unten; und die Gewichtsversuche, um die es sich zunächst handelt, haben dazu keine Beziehung.*

Ad *3) muß ich zuerst hervorheben, daß eine Voraussetzung des Beweises hinfällig wird, wenn derselbe sich auf den ganzen Muskel beziehen soll, und ich bin durch die Gegenbemerkung in meinem letzten*

Briefe selbst Schuld daran, dafs Sie dieselbe ohne weiteres setzten. Ich sagte, durch die Querschnittzunahme des Muskels werde eine teilweise Kompensation herbeigeführt. Ich übertrug einen bekannten Lehrsatz auf meine Versuche. Dies ist aber für den ganzen Muskel unstatthaft, höchstens für eine isoliert gedachte Muskelfaser statthaft. Bei den von mir verwendeten gerad- und parallelfaserigen, dünnen Muskeln findet nicht eine der Verkürzung genau entsprechende Querschnittzunahme statt. Der Weg, den der el. Strom im verkürzten Muskel nimmt, ist für viele Fasern eines Muskels nicht erheblich kürzer, als der Weg, den er im unverkürzten Muskel zurücklegt, weil die Fasern sich im Tetanus zum Teil zickzackförmig und bogenförmig krümmen, wovon ich mich jetzt wieder auf das sorgfältigste überzeugt habe. Gesetzt den Fall, dafs alle Fasern zickzackig werdend ihre Länge l behalten und nur ihre Endpunkte einander nähern, so ist unter der nahezu realisierten Bedingung, dafs das Sarkolemm nicht leitet, also jede Faser isoliert ist, einleuchtend, dafs der Strom im verkürzten a-Muskel ebensoviel Widerstand findet, wie im unverkürzten b. Es ist auch der Querschnitt jeder Faser senkrecht zur jeweiligen Längsrichtung gleich in a und b, der Gesamtquerschnitt, senkrecht zur Gesamtlänge λ dagegen gröfser als der senkrecht zur Gesamtlänge l. Auf diese Vergröfserung kommt es aber, wenn die Fasern elektrisch isoliert sind, nicht an. Es wäre also die Dichte D in b gleich der Dichte $\mathfrak{D}$ in a. Dies verlangt nur, dafs die Fasern dünn genug sind, so dafs nicht der Strom den punktierten Weg ed einschlagen kann, vielmehr den gewundenen Weg ef einschlagen mufs. Die Bedingung ist thatsächlich erfüllt. Gesetzt zweitens den Fall, dafs die konstant aufser der Krümmung stattfindende Querschnittzunahme vieler einzelner Muskelfasern sehr erheblich ist, so wird jedenfalls die von Ihnen als fehlerhaft diskutierte Differenz von D und $\mathfrak{D}$ nunmehr kleiner erscheinen müssen, denn ein Teil der Gesamtquerschnittzunahme wird immer der Biegung der Fasern zuzuschreiben sein. Auch kann man sich nicht wohl vorstellen, wie ein platter, gerad- und parallel-faseriger Muskel sich ohne Biegungen seiner Fasern sollte verkürzen können.

Ich hoffe durch das Vorhergehende nicht in den Verdacht zu kommen, dafs ich Prévost's und Dumas's Kontraktionstheorie, die Sie 1829 (Lehrb. des Galvanism. Fig. 60) erläuterten, wiederbeleben

wollte. Nichts liegt mir ferner. Die Krümmung vieler Fasern im Tetanus bei der Verkürzung ist Thatsache. — Da man indessen nicht wissen kann, ob diese Faserkrümmung in der vorliegenden Frage wesentlich in Betracht kommt und ich meine Formeln als höchst genau giltig für die einzelne ohne Krümmung sich kontrahierende Faser ansehe, auf welche auch Ihr Beweis zu beziehen ist, so war es mir sehr erwünscht, eine andere Voraussetzung desselben in den Versuchen nicht verwirklicht zu finden.

Ich stelle mich ganz auf den Boden Ihres Beweises, wobei $\mathfrak{D} : D = \mathfrak{d}$ *und* $\lambda : l = \alpha$ *und*

$$\frac{\mathfrak{L}}{\mathfrak{L}_1} = \frac{\textit{Leitungswiderstand außer dem Muskel}}{\textit{Leitungswiderstand des unverkürzten Muskels}} = \frac{1}{\beta}.$$

Sie weisen nach, daſs $\mathfrak{d} = 1$ *wird, wenn* $\alpha = \frac{1}{\beta}$ *und sagen: „Insoweit sich nun* α *oder* $1 - H$ *zufällig in der Nähe dieses Verhältnisses hält, ist wiederum keine Störung zu besorgen; aber da* β *bei den verschiedenen Versuchen jeder Abteilung konstant bleibt, indes* α *erheblich wechselt, kann dies nicht überall treffen." Hierauf ist zu bemerken, daſs* β *unmöglich konstant bleiben kann, weil der Muskel von Versuch zu Versuch ermüdet und mit der Ermüdung sein Leitungswiderstand abnehmen muſs (schon wegen der zunehmenden Säuerung erscheint dies plausibel);* λ *nimmt mit der Ermüdung zu,* l *und* $\mathfrak{L}$ *sind konstant. Es kann also sehr wohl das Produkt* $\alpha\beta$ *konstant sein und zwar bei dieser speziellen Versuchsanordnung durchgehends. Es müſste in jeder Reihe das Produkt* $\lambda\mathfrak{L}_1$ *einigermaſsen konstant sein, was nicht unwahrscheinlich ist, da bei konstantem Reize* λ *und* $\mathfrak{L}_1$ *Funktionen der Ermüdung sind und mit abnehmender Erregungsfähigkeit auch der Leitungswiderstand abnehmen wird. Diverse Angaben in der Litteratur stimmen hierin überein. Um wieviel das* $\mathfrak{L}_1$ *in jeder Reihe abnehmen muſs, zeigt eine einfache Rechnung, welche in grob abgerundeten Zahlen folgende Tabelle ergibt [S. 32].*

Nach dem, was sonst vom Leitungswiderstande im Muskel bekannt ist, sind solche Abnahmen keineswegs als unmöglich zu bezeichnen.

Im ganzen ergiebt sich bis jetzt, daſs bei Betrachtung der einzelnen Muskelfaser, die sich nicht krümmen, sondern verkürzen und entsprechend verdicken soll, sehr wohl $\mathfrak{D} = D$ *sein kann, weil angenähert* $\lambda\mathfrak{L}_1$ *konstant sein kann; sodann daſs bei Betrachtung des ganzen Muskels Störungen auftreten, indem die eine Faser die Ver-*

dickung der benachbarten beeinträchtigt und Krümmungen vieler Fasern ohne Verdickung entstehen. Wenn alle Fasern sich ziekzackförmig biegen, kann $\mathfrak{D} = D$ sein. Aber selbst, wenn die Krümmung so gering ist, dafs sie keinen Einflufs hat, würde doch auch $\mathfrak{D} = D$ sein

Reihe	Leitungswiderstand im Muskel		α	
	1. Nummer	letzte Nummer	1. Nummer	letzte Nummer
1	1	0,7	0,48	0,70
2	1	0,5	0,31	0,57
3	1	0,5	0,33	0,61
4	1	0,6	0,50	0,81
5	1	0,5	0,26	0,49
6	1	0,9	0,82	0,87
7	1	0,8	0,66	0,79
8	1	0,8	0,55	0,71
9	1	0,35	0,27	0,76
10	1	0,4	0,31	0,78
11	1	0,9	0,27	0,32
12	1	0,8	0,70	0,91

können, falls nur (die nöthigen Konstanten aufser Acht gelassen) angenähert $\alpha = \frac{1}{\beta}$ bleibt, was möglich ist.

Auf die Versuche des 3. Abschn. kann das Gesagte nicht unmittelbar angewendet werden. Bei diesen (wie den anderen) ist [anfangs] der äufsere Widerstand $\mathfrak{L}$ sehr klein gegen $\mathfrak{L}_1$, denn der Widerstand des [unthätigen] Muskels für die Längsleitung ist nach Hermann's Bestimmungen $2^1/_3$ Millionen mal gröfser als der des Quecksilbers.

Somit fände Ihre Gleichung $\mathfrak{q} = \frac{\lambda \mathfrak{l}_1}{\lambda_1 \mathfrak{l}}$ Anwendung auf dieselben, wenn bei ihrer Ableitung nichts mit den Versuchsthatsachen im Widerspruch stehendes vorausgesetzt wird. Nun derivirt aber die Gleichung aus der Gleichung S. 22 in der Beilage, in welcher $\frac{1}{\mathfrak{Q}}$ durch λ ersetzt wurde. Dies ist der Auseinandersetzung, die ich oben gegeben habe, zufolge unzulässig, also die Gleichung $\mathfrak{q} = \lambda \mathfrak{l}_1 : \lambda_1 \mathfrak{l}$ ungenau. Sie ist zu einfach. Bedenkt man, wie aufserordentlich kompliziert die Vorgänge im Muskel sind, dafs mit der Stärke seiner Zusammenziehung seine chemischen, thermischen, elektromotorischen, elastischen Eigen-

schaften sich verändern (möglicherweise auch sein spezifischer Leitungswiderstand sich ändert) und dafs die Faserkrümmung eine ungleiche ist, so wird die Aufstellung solcher Formeln, wie die obige eine ist, kaum statthaft erscheinen. Ich will aber einmal annehmen, der Muskel wäre nicht so verwickelt beschaffen und die Formel träfe zu wie für eine einzelne Faser, so mufs offenbar bei allen Versuchen mit kleinem e, wo λ und $\mathfrak{l}$ auch nicht stark voneinander abweichen, $\mathfrak{q}$ sich wenig von der Einheit entfernen. Dies zeigen in der That die Versuche in befriedigendster Weise.

Die Muskeln sind der Sartorius mit einer Länge von 30 Millim. und der Hyoglossus mit $l = 32{,}8$ bis 54, im Mittel 43 [die Länge in Reihe XVI ausgeschlossen wegen künstlicher Kürzung durch einen Schnitt]. Ich mache nun die ungünstigsten Annahmen. Um mehr als 75 bis 80 Proz. seiner Ruhelänge zieht sich der Muskel überhaupt nicht zusammen; 80 Proz. giebt $\lambda_1 = 6$, wenn Ruhelänge $= 30$; e sei $= 1$, somit $\lambda = 7$, ferner $\mathfrak{l} = 29$ und $\mathfrak{l}_1 = 28$, so ist

$$\mathfrak{q} = \frac{7 \,.\, 28}{6 \,.\, 29} = \frac{196}{174} = 1{,}12$$

*So weit auseinander liegen aber λ_1 und $\mathfrak{l}$ in **keinem** Versuch.* Die gröfste Differenz in Reihe XXIX, 1—7 z. B. ist: $(30 - h_{13}) - (30 - h_2) = \mathfrak{l} - \lambda_1 = 4{,}5$ und e im Mittel $= 0{,}5$. Dieselbe giebt $\mathfrak{q} = 1{,}002$. Wo man auch diese Probe anstellt: bei kleinem e ist die Abweichung des $\mathfrak{q}$ von 1 sehr klein.*

*Aber auch wenn e **sehr gross** genommen wird in den Versuchen, bleiben die Abweichungen des $\mathfrak{q}$ von 1 sehr klein, weil **dann notwendig die gröfstmögliche Verschiedenheit von λ und $\mathfrak{l}$ gering** bleibt. Alle $\lambda\lambda_1\, \mathfrak{l}\mathfrak{l}_1$-Werte liegen zwischen $\frac{l}{4}$ und l eingeschlossen, weil der Muskel sich in keinem Falle um mehr als 75 Proz. verkürzt. Man hat also das gröfstmögliche e, wenn $\lambda_1 = \frac{\varLambda}{4}$, wo $\varLambda =$ der Ruhelänge des Muskels und zugleich die Hubhöhe h, welche zu $\lambda = \lambda_1 + e$ gehört, minimal ist, dann ist, da auch $\mathfrak{l} = \mathfrak{l}_1 + e$,*

$$h + e + \lambda_1 = \varLambda$$
$$e + \mathfrak{l}_1 = \varLambda$$

* *Die Kontraktion erreicht nirgends 75% der Ruhelänge.* [P. 1874]

indem die Hubhöhe, die zu $\mathfrak{l}$ *gehört* $= 0$

somit

$$\mathfrak{l}_1 = h + \lambda_1$$
$$h = \mathfrak{l}_1 - \lambda_1$$
$$= \mathfrak{l} - \lambda$$

Demnach eine verschwindend kleine Differenz von $\mathfrak{l}$ *und* λ, *wenn c am gröfsten. So erklärt es sich, dafs auch bei grofsem c in den Versuchen (selbst bei dem 40 mal tetanisierten Muskel der Reihe XXXIV) dennoch* $\mathfrak{q}$ *nicht erheblich von 1 abweicht. Hiernach wäre auch Ihre Bemerkung auf S. 27 (in der Mitte) der Beilage zu modifizieren.*

Aus der so dargethanen sehr geringen Empfindlichkeit des Quotienten $\frac{\delta}{\tau} = \mathfrak{q}$ *folgt unmittelbar, dafs bei den Versuchen des 3. Abschnittes wirklich das konstante Reizverhältnis sehr nahe koincidiert mit dem Verhältnis der Stromdichten im Muskel, wie Sie es verlangen. Ferner kann man auch rückwärts schliefsen, dafs Ihre Formel trotz der grofsen Kompliziertheit des Verkürzungsprozesses im Muskel doch innerhalb der Breite meiner Versuche vollgültige Anwendung findet, indem die komplizierten Vorgänge (inclusive Faserkrümmung) sich gröfstenteils kompensieren.*

Noch mufs bemerkt werden, dafs das fingierte Beispiel S. 28 (in der Beilage) nicht realisierbar ist, da es eine Hubhöhe von $91^2/_3$ *Proz. verlangt, welche unmöglich ist. Für die maximale Hubhöhe* $\left(\frac{3A}{4}\right)$ *von 75 Proz. und den nahezu verwirklichten Grenzfall, dafs* $\mathfrak{L}$ *gegen* A^2 *verschwindet, giebt dieses Beispiel trotz des sehr grossen c dennoch* $\mathfrak{q} = 0{,}9$, *denn*

$$\lambda = \frac{A}{2}, \ \lambda_1 = \frac{A}{3}, \ e = \frac{A}{6}$$

$$\mathfrak{l} = \frac{5A}{12}, \ \mathfrak{l}_1 = \frac{A}{4}$$

$$\frac{\lambda \mathfrak{l}_1}{\lambda_1 \mathfrak{l}} = \frac{36}{40} = 0{,}9 = \mathfrak{q}.$$

Erwägt man eincrseits, wie erstaunlieh genau die direktcn Versuchsergebnisse untereinandcr stimmen, andcrcrscits, wie befriedigend sie Ihren Forderungen genüge leisten, so steigt ihr Wert und ihre Beweiskraft um ein Bedeutendes. Ich mufs Ihnen meinen besonderen Dank aussprechen, dafs Sie mich auf dic nun glüeklich überwundenen Schwierigkeiten aufmerksam gemacht habcn. Odcr bin ich im Irrtum? Sind die Bedenkcn nicht gehoben? Ich kann es nicht glauben und bitte Sie mir gütigst mitzuteilen, ob Sic jetzt die Versuchsresultate als streng richtig anerkennen können.

Wegen der übrigen Fragen erlauben Sie mir, Ihnen in diesen Tagen einige Zeilen an Sie zu senden. Ich möchte mich kurz fassen und dazu braueht man Zeit.

Verehrungsvoll

Ihr

Preyer.

Jena, am 20. *Jan. 1874.*

Hochgeehrter Herr Professor,

Nicht ohne Zagen sende ieh Ihnen dic beifolgenden Blätter als Fortsetzung meines letzten Schreibens. Solltc ich mich irgendwo bestimmter ausgcdrückt haben, als die Sache erlaubt, so bitte ich Sie das dem aufserordcntlichen Interesse zuzuschreiben, welches die von Ihnen angeregten Fragcn für mich haben. Und dann handelt es sich hier meist um Transscendentes, wo Entschiedenheit in der Form das Verständnis erleichtcrt, während doch der Schreibende sich sehr gern eines Bessern belehren läfst.

In ausgezeichncter Hochachtung

Ihr

Preyer.

2. In Betreff der Gültigkcitsgrcnzen dcr myophysischcn Formeln wird schwer eine Ausglciehung der gegcnsätzliehcn Ansichten zu erzielen scin, weil dic Fragc einen transsccndentalen Charakter hat, so dafs nicht allcin dcr allen Dcnkcrn gcmeinschaftliche Vcrstand cntscheidct, viclmchr die individuellc Färbung des Verstandes jedes einzelnen Dcnkers sich nicht eliminicren läfst. Jcdoeh möchte ich

meine Auffassung plausibel zu machen suchen durch ein schlagendes Beispiel. Aus einer beliebig gezeichneten, ganz unregelmäßsigen Kurve schneide ich ein kleines Stück heraus und finde, daß es absolut genau der Gleichung $y = \log x$ entspricht. Unterhalb und oberhalb des endlichen Intervalls verläuft die Kurve nicht dieser Gleichung gemäß, aber es bildet das ausgeschnittene Stück mit dem übrigen doch ein Kontinuum. Geradeso eine Reihe von Erscheinungen, die ein Kontinuum bilden. Ich schneide ein Intervall aus, ermittele das Gesetz, formuliere es und behaupte nun, daß es für das eine Intervall genau gilt. Ich darf aber die Formel nicht auf das Stück außerhalb des Intervalls ausdehnen, ebensowenig wie bei der unregelmäßigen Kurve.

Ich kann Ihnen daher nicht beistimmen, wenn Sie sagen: „Wenn eine Formel, die ein Funktionsverhältnis ausdrücken soll, über gewisse Grenzen hinaus nicht genügt, so kann sie nach mathematischem Zusammenhange auch in den Grenzen, in denen sie zu genügen scheint, weil die Abweichung zu klein für unsere empirische Ermittlung ist, nicht vollständig genügen.“ Dann wären alle mathematisch formulierten Naturgesetze unrichtig. Ich käme dann wie du Bois-Reymond, auf Laplace sich nicht eben glücklich berufend, zu der Chimäre einer Weltformel als allgemeinster Formel, welche alle Erscheinungen umfaßt, so daß die besonderen Naturgesetze nur Specialfälle davon wären und ohne sie genau garnicht gefunden werden könnten. Nach meiner Auffassung hingegen kann für einen Teil eines Erscheinungskomplexes eine ganz genaue Formel gefunden werden; für den Rest des Komplexes sind andere Formeln aufzusuchen, und wenn für den ganzen Komplex die Formeln ermittelt sind, die alle eine obere und untere Grenze haben, kann man zusehen, ob eine komplizierte Formel sie alle vereinigt, aber auch diese muß notwendig durch den endlichen Umfang der erforschten Erscheinungen begrenzt sein in ihrer Gültigkeit; wir können sie nicht anwenden auf Unerforschtes nur Gedachtes. Es ist, so meine ich, Willkür, die myophysische Formel auch auf imaginäre Hubhöhen auszudehnen, seien diese nun unterhalb der Schwelle den Reizen Null bis s entsprechend, seien sie oberhalb der maximalen Hubhöhe, zwischen dieser und der idealen nur asymptotisch zu erreichenden gelegen. Auch liegt keine Nötigung vor eine andere obere Grenze als die durch Schädigung bedingte anzunehmen. Ich gebe Ihnen aber gern zu, daß, wenn man dies nicht will, für den intakten Muskel, bei dem die kleinstmögliche Länge ein konstanter Teil der Ruhelänge ist, K prinzipiell jenseit der Maximalhubhöhe mit h variabel zu machen wäre. Nur ist jede Hoffnung, die Variabilität

des (von der spezifischen Natur jedes Muskels abhängigen) K in der Formel mit ***fortschreitender Schädigung*** *triftig zu repräsentieren, vergeblich, weil wir den Muskel zu wenig kennen. Dieses Ihr Aperçu hat mich übrigens nicht wenig frappiert.*

Dafs es, um wirklich prinzipielle Grenzen (die ich bei keinem durch Funktionsformeln ausgedrückten Gesetze als gefunden anerkennen kann) zu finden, der genauen Kenntnis **aller** *Einzelheiten bedarf, scheint mir von Ihnen nicht bestritten zu sein. Da man aber die Einzelheiten nicht* **alle** *messen, wägen, zählen kann, sind prinzipielle Grenzen nicht aufstellbar.*

Wenn ich auch darin von Ihren Ansichten abweiche, dafs für mich nicht der geringste Anlafs, geschweige denn eine Nötigung, vorliegt, mathematische Formeln in ihrem ganzen Umfang als realisiert oder nur realisierbar anzusehen (in der Erscheinungswelt), so begegne ich Ihnen doch darin, dafs — wie ich es auch („Myophysisches Gesetz" S. III) in Form eines Motto sagte — die Forschung nicht aufhört, wenn die Formel gefunden ist, vielmehr fängt dann erst die schwierigste Aufgabe an, die ***Notwendigkeit*** *der Formel nachzuweisen. Ich halte es für möglich, z. B. das Gravitationsgesetz dereinst als die notwendige Folge der Eigenschaften des Raumes und der Zeit darzuthun. Gelänge dies, dann würde sich von selbst ergeben, weshalb es für sehr kleine Entfernungen nicht mehr gilt, und dafs es vielleicht auch für ungeheuer grofse Entfernungen nicht gelten kann. In diesem Falle, und in diesem allein, wären* ***prinzipielle*** *Grenzen gefunden, ich meine in dem Falle, dafs man bewiese: die Körper ziehen sich im dreidimensionalen Raum umgekehrt proportional dem Quadrat ihrer Entfernung an,* ***weil*** *der Raum (als Anschauungsform des menschlichen Intellekts) sonst nicht so beschaffen sein könnte, wie er beschaffen ist. Dieser Beweis scheitert nicht allein an den ungemeinen logischen Schwierigkeiten, sondern hauptsächlich daran, dafs wir die Eigenschaften des Raumes zu wenig kennen.*

---

3. Der ***Delboeufsche*** *Einwand S. 15 seiner Studie, „Devonsnous etc." ist allerdings auffallend schwach und ich übergehe ihn mit Ihnen. In Bezug auf meine Einwände gegen Ihre Deutung der negativen Empfindungswerte hingegen mufs ich vor allem betonen, dafs ich Ihre Auseinandersetzung in keinem Punkte mifsverstanden zu haben fast sicher bin.* ***Delboeuf*** *hat Sie aber allerdings, wie ich aus*

Ihrem Briefe sehe, mifsverstanden. Ist R = Reiz, ψ = psychophysische Bewegung, E = positive Empfindung, so ist thatsächlich

R	ψ	E
0	0	$0_{,}$
s	1	$0_{,,}$
q	m	1

wobei $q > s$ und $m > 1$. Wenn R Null, ist ψ Null und E Null; wenn $R = s$, ist ψ eine endliche positive Gröfse, etwa $= +1$, und E immer noch Null; wenn $R = q$, ist $\psi = m$ und nun wird E eine endliche positive Gröfse. Nun sagen Sie, zwischen den beiden Nullwerten der Empfindung $0_{,}$ und $0_{,,}$ ist ein grofser Unterschied, $0_{,}$ ist nicht Null, sondern $= -\infty$ und nur $0_{,,}$ ist Null. Dies bestreite ich. Sie sagen, zwischen $0_{,}$ und $0_{,,}$ ist die Empfindung negativ, imaginär, unbewufst und bezeichnen die Tiefe des Unbewufstseins oder das Entferntsein (der Psyche) von dem Nullwert der Empfindung mit negativem Vorzeichen. Von der Zulässigkeit dieser Auffassung bin ich nicht überzeugt. Aber es würde mich freuen, wenn Sie meine Bedenken beseitigten.

I. Ein Hauptbedenken fufst darauf, dafs das mit — und + bezeichnete in der Empfindungsskala zweierlei ist, disparat oder heterogen ist, denn die Minus beziehen sich auf das Entferntsein vom Dasein, die Plus nicht etwa auch auf das Entferntsein vom Dasein in der entgegengesetzten Richtung, sondern auf die Empfindungsstärke, welche genau ebenso da ist bei der schwächsten, wie bei der stärksten Empfindung. Daher meine Bemerkung („Myoph. Ges." S. 95, Z. 20 v. o.). Das Entferntsein, hier unräumlich gedacht, kann sich doch nur auf einen Zustand beziehen. Ist der Zustand erreicht, dann kann er durch Zunahme der Empfindungsgröfse nicht noch mehr erreicht werden, als er schon ist.

Wollte man das Entferntsein der Empfindung vom Dasein zeitlich denken, so würde ein Novum eingeführt, selbst dann aber schwerlich der Einwand, soviel ich finde, zu beseitigen sein. Wollte man die Intensität der Empfindung mit demselben Mafse messen wie die Tiefe des Unbewufstseins, also mit der Einheit des Entferntseins vom Dasein, dann ergäbe sich das unmögliche Resultat, dafs eine Empfindung gröfserer Intensität weiter vom Dasein entfernt wäre als eine kleinere. Setzt man in dieser ganzen Betrachtung überall statt des Wortes „Dasein" das Wort „Nullpunkt" [= $0_{,,}$], so ist das nur eine verbale Änderung, keine begriffliche.

II. Ein anderes Bedenken gründet sich darauf, dafs es dem

mathematischen Gebrauche der Bezeichnungen positiv und negativ nicht entspricht, das, was einer Geschwindigkeit zur Erreichung eines gewissen Wertes fehlt, negative Geschwindigkeit zu nennen. Die Richtung ist allein dafür maſsgebend. Man kann natürlich auch „das, was an positiver Geschwindigkeit noch fehlt“, mit negativem Vorzeichen bezeichnen, aber nur unter Verzicht auf den mathematischen Sprachgebrauch, der doch gerade hier zur Anwendung kommen soll. Aus diesem Grunde bin ich auf das Beispiel mit der Reibung nicht zurückgekommen. Bei dem von mir angezogenen, im dunkeln Raum durchströmten warmen, noch nicht glühenden Platindraht wird niemand sagen, bei ihm sei das Glühen negativ. Das Beispiel scheint mir in Bezug auf diesen Punkt auf die Empfindung in ihrer Abhängigkeit von der psychophysischen Bewegung übertragbar.

III. Nach Ihrer Auffassung muſs das Bewuſstsein genau proportional gehen der Empfindungsgröſse, Bewuſstseinshelligkeit und Empfindungsstärke solidarisch verbunden sein. Dies kann ich nicht mit den Thatsachen vereinigen; im Traum z. B. habe ich sehr lebhafte Empfindungen und das Bewuſstsein ist dunkel. Ich glaube, daſs man überhaupt Bewuſstsein und Empfindung getrennt betrachten muſs, daſs die Nullpunkte beider nicht zusammenfallen und daſs der Gegensatz von „Bewuſst“, also das „Nichtbewuſste“, zweierlei umfaſst. Aber das gehört nicht hierher.

Ich hege noch mehr Bedenken gegen die negativen Empfindungen in Ihrem Sinne, aber es wird mir sehr schwer, Ihnen zu opponieren, da ich vielmehr gerade auf dem Gebiete der Psychophysik Ihr eifrigster Anhänger bin und Ihren Werken mehr verdanke als den Werken irgend eines anderen einzelnen Forschers. Wenn Sie daher die drei erwähnten Einwände entkräften wollen, kann ich mit den anderen am Ende ins Reine kommen.

Die Grenze Ihrer psychophysischen Formeln ist nach oben durch Schädigung des Organs gegeben, also nicht prinzipiell. Nach unten scheint sie durch das Faktum gegeben, daſs unterhalb der Schwelle das Experiment fehlschlägt, wenigstens bis jetzt. In der Myophysik kann man schon mit subliminalen Reizen arbeiten und die Veränderungen im Muskel messen, die aber natürlich keine negativen Kontraktionen sind, keine Dehnungen („Myoph. Ges.“ S. 93 o., 94 u., 95 o.). Weshalb soll den Reizen unterhalb der Schwelle nicht etwas anderes entsprechen als Empfindung? Aber etwas was mit der Empfindung später zusammengeht, z. B. Wärme, Änderung der elektromotorischen Eigenschaften der Ganglienzelle ähnlich wie beim Muskel?

4. Die durch Darwins Übertragung des Konkurrenzprincips aus den Sozialwissenschaften in das Naturleben umgestaltete Descendenzlehre ist unstreitig eine der wichtigsten Wendungen in der fortschreitenden Entwickelung des Erkennens, aber ich bin Ihrer Meinung, dafs sie in ihrer gegenwärtigen etwas rohen Form nicht mehr lange sich halten kann. Material ist freilich genug da, aber die es beherrschen, sind der Spekulation abgeneigt, und die wirklich spekulativen Köpfe beherrschen das Material nicht genug. Ihre „Ideen“, welche allein schon wegen der einen so weiten Umblick gewährenden Höhe des Standpunkts auf mich einen sehr tiefen Eindruck machten, will Snell in unserer Literaturzeitung besprechen.*

Leipzig, den 22. Januar 1874.

Hochgeehrter Herr Professor!

Was Sie mir geschrieben, hat mich ebenso überrascht, als erfreut. Überrascht, weil Sie wiederum Punkte zur Hebung der erhobenen Schwierigkeiten herbeizuziehen vermocht haben, an die ich nicht gedacht hatte, und freilich auch wegen der von mir zugestandenen Unkenntnis in Sachen der Myophysik nicht hatte denken können; erfreut, weil ich, so weit ich es übersehen kann, wirklich glaube, dafs durch Ihre Bemerkungen die Schwierigkeiten, um die sich's handeln kann, wesentlich erledigt sind, wenigstens inbetreff der dritten Abteilung der Versuche, was gerade die Hauptsache ist, indes mir inbetreff der andern die Sache doch auf den Punkt gebracht scheint, dafs statt Widersprüche gegen die Zulässigkeit der Resultate blofs noch einige Unsicherheiten übrig bleiben, die sich entweder selbst noch heben lassen oder durch den Erfolg der Versuche zu Ihren Gunsten als entschieden ansehen lassen dürften. Soll ich nun noch von dem sprechen, was mir in dieser Hinsicht beigefallen ist, so möchte es etwa Folgendes sein. Ich spreche dabei nur in der Rolle eines Zweiflers, nicht eines Gegners, und diese Zweifel könnten auch wohl nur an meiner Unkenntnis in diesen Dingen hängen.

* *Dieser Ausdruck bezieht sich auf die Einschränkung des Konkurrenzprinzips im ursprünglichen Darwinschen Sinne auf die Kämpfe um das Dasein bei den lebenden Körpern untereinander und gegen die anorganische Natur. Vgl. meine „Konkurrenz in d. Natur“ (1878), „Naturw. Thatsachen u. Probleme“ (1880 S. 86).* [P. 1890]

Der Leitungswiderstand der Kette aufser dem Muskel kann nach den Bemerkungen in Ihrem Briefe gegen den des Muskels als verschwindend angesehen werden, und hiernach müfste, sollten die Betrachtungen in meinem letzten Briefe zulässig sein, die Stromdichte im Muskel nach Mafsgabe zunehmen, als der Muskel sich verkürzt, hierdurch aber die Resultate Ihrer Versuche alteriert werden. Sie wenden hiergegen die von mir unberücksichtigt gebliebene Zickzack- und bogenförmige Bewegung der Fasern des sich verkürzenden Muskels mit Rücksicht auf die „nahezu realisierte Bedingung, dafs das Sarkolemma nicht leitet" ein. Aber ist diese Bedingung, die allerdings für Ihre Entgegnung wesentlich erscheint, wirklich auch nur nahezu realisiert? ja, ist es wahrscheinlich, dafs das unstreitig mit Feuchtigkeit durchdrungene Sarkolemma nahezu als Nichtleiter angesehen werden kann? Jedenfalls dürfte die blofse Hypothese in dieser Beziehung dem Mifstrauen begegnen, und ich gestehe selbst, dafs sie mir Mifstrauen erweckt.

Inzwischen sollte sich nicht die zickzackförmige Biegung, nur in etwas anderer Form, aber wesentlich auf dasselbe, was Sie beabsichtigten, hinauslaufend, so verwerten lassen? Sei es, dafs kein Grund vorliegt, dem Sarkolemma die Leitungsfähigkeit abzusprechen, so besteht doch eine Verschiedenheit der Substanz zwischen ihm und seinem Inhalte, und es ist sehr denkbar, dafs, entsprechend als bei Schall und Wärme, jeder Übergang zwischen verschiedenen Substanzen einen besonderen Widerstand für die Elektrizität einführt. Sollte nun die Elektrizität geradeswegs quer durch alle Biegungen durchgehen, so würde sie diesen Widerstand sehr oft zu überwinden haben und es also in der Hauptsache vorziehen, den zickzackförmig gebogenen Fasern selbst zu folgen; freilich auch nur eine Hypothese, deren Beurteilung ich Sachverständigen und Ihnen insbesondere überlassen mufs.

Da Sie selbst vermuten, dafs auf den Erfolg der Zickzack- und bogenförmigen (doch wohl auch kleine Zickzacke einschliefsenden) Biegungen nicht ganz noch sicher zu rechnen sei, so machen Sie zweitens geltend, dafs bei Ermüdung des Muskels der Leitungswiderstand desselben abnehme, ja schon wegen der dabei stattfindenden Säuerung des Muskels abnehmen müsse, und hierdurch eine Ihnen zu statten kommende Konstanz des Produkts $\lambda \mathfrak{L}_1$ bedingt sein könne. Nun möchte ich

mich auf den indirekten Schlufs aus der Säuerung des Muskels auf die Zunahme seines Leitungsvermögens bei Ermüdung doch nicht allein verlassen, und weifs nicht, ob direkte Versuche, die jedenfalls anstellbar wären, den Schlufs bestätigen; andere weitgehende chemische Veränderungen könnten ja den Erfolg der Säuerung kompensieren; aber wäre es nicht der Fall, so läge ja gar keine Gewähr vor, dafs nicht durch die Säuerung, sei es viel zu wenig, sei es viel zu viel in der Beziehung, auf die es ankommt, geleistet würde. Sehe ich übrigens recht, so kann eine Veränderung des Leitungsvermögens durch Ermüdung, sollte sie stattfinden, und gleichviel welche Gröfse und Richtung sie habe, bei Ihren Versuchen überhaupt nicht in Betracht kommen, wenn der Leitungswiderstand der Kette aufser dem Muskel gegen den des Muskels verschwindet, wie nach Ihrer Bemerkung der Fall ist, weil die Veränderung in jedem, bei einem gegebenen Ermüdungszustande angestellten Versuchspaare den verkürzten eben so wie den unverkürzten Muskel betrifft, was sich im Quotienten $\frac{\mathfrak{D}}{D}$ hebt.

Sollte sich nun aber nicht die ganze Unsicherheit, die jedenfalls aus dem Gesichtspunkte Ihrer ersten Bemerkung übrig bleibt, durch direkte Versuche heben lassen, ja sollten nicht zur wirklichen Geltendmachung direkte Versuche wirklich gefordert werden? Wenn ein eingeschalteter Multiplikator bei verkürztem und unverkürztem Muskel dieselbe Stromgröfse anzeigt, so kann die von mir im vorigen Briefe angestellte Betrachtung, welche auf die zickzackförmigen Biegungen keine Rücksicht nimmt, nicht die richtige sein, und es dürfte kein anderer Weg übrig bleiben, die Konstanz zu erklären, als mit jener Rücksichtsnahme; sollte die Konstanz keine vollständige sein, so würde man wenigstens erfahren, ob sie in einem bedenklichen Grade alteriert wird. Hiermit in Verbindung liefse sich ja auch untersuchen, ob wirklich der Leitungswiderstand der Kette aufser dem Muskel gegen den des Muskels verschwindet, indem Einschaltungen gröfserer Drahtlängen dann keinen Unterschied machen könnten, und ob wirklich mit Ermüdung des Muskels sich dessen Leitungswiderstand ändert. Und gewifs würde Jeder die Aussage direkter Versuche indirekten Schlüssen vorziehen oder doch zur sicheren Bestätigung derselben wünschen.

Sehr möglich freilich, dafs sich der Ausführbarkeit oder Beweiskraft der Versuche Schwierigkeiten oder Bedenken entgegenstellen, die mir nicht beifallen, weil ich in diesem Versuchsfelde, selbst insoweit nur die Physik dabei beteiligt ist, nicht mehr zu Hause bin, die Ihnen aber leicht beifallen könnten. Zunächst aber wüfste ich doch nicht, was sich der Benutzung der Schwingungsdauer einer auf die Windungen des Multiplikators senkrecht stehenden Nadel (wenn Sie nicht eine andere Bestimmungsweise vorziehen) zum Mafse der Stromkraft physikalischerseits entgegenstellte; meine ganzen Versuche in den „Mafsbestimmungen über die galvanische Kette" sind danach gemacht; ist N die Schwingungsdauer unter dem Einflufs der Erde, N_1 unter dem vereinigten Einflusse der Erde und des Stroms, so ist die Stromkraft durch $\frac{1}{N_1^2} - \frac{1}{N^2}$ gemessen. Dies gilt, wenn eine magnetisierte Stahlnadel zum Mafse des Stroms dient, was doch nur dann der Fall sein könnte, wenn zur Tetanisierung viel mehr rasch auf einander folgende Unterbrechungen als Umkehrungen des Stromes verwandt werden, da bei letzteren sich die Wirkung auf die Stahlnadel kompensiert. Ich weifs nicht, was bei Ihren Versuchen der Fall ist. Wären es rasche Umkehrungen, so würde die Stahlnadel durch eine weiche Eisennadel zu ersetzen sein, die selbst erst durch den Strom magnetisiert wird, und deren Magnetismus sich mit der Strömungsrichtung umkehrt. Freilich würde dann (insbesondere wegen der Trägheit, mit welcher der Magnetismus entsteht) das genaue Mafs nach der Schwingungsdauer wegfallen, aber doch ein Mehr oder Weniger der Stromstärke dadurch erkannt werden.

Natürlich kann ich Sie mit diesen Ausführungen nicht belehren wollen, da Sie in diesem Versuchsfelde so viel mehr zu Hause sind, als ich, sondern habe nur meine Gedanken darüber Ihrer Kritik unterbreiten wollen.

Was die Versuche des dritten Abschnitts anlangt, so bedaure ich zuvörderst das leichtsinnige Versehen, was ich in der Verwechselung des Vorzeichens von c begangen und das Sie richtig aufgedeckt, und wüfste der feinen Analyse der Resultate der Formeln, wodurch Sie die aus den Versuchen gezogenen Resultate selbst für den Fall rechtfertigen, dafs meine Dichtigkeitsberechnungen Anwendung auf Ihre Versuche finden, nichts

entgegenzusetzen. Sollte aber die Anwendbarkeit dieser Formeln durch die Zickzackbiegungen der Muskelfasern irgendwie Abbruch erleiden, so könnte dies nur zum Vorteil der Zulässigkeit Ihrer Resultate sein, indes ich aus obigem Grunde glaube, dafs eine Änderung des Leitungswiderstandes des Muskels durch Ermüdung, sollte sie auch stattfinden, bei diesen Versuchen aber so wenig als bei denen der ersten Abschnitte in Betracht kommt, also das schon aus den beiden vorigen Gesichtspunkten stattfindende Genügen der Resultate des dritten Abschnitts zwar nicht fördern, aber auch nicht stören kann.

Es macht mir aufrichtig Freude, mich, wie ich von Anfang herein gehofft hatte, schliefslich wirklich im wesentlichen Ihren Ansichten und Versuchen haben fügen zu können. Aber freilich, ich bin kein kompetenter Richter in diesen Dingen. Was werden die physiologischen Fachgenossen zu Ihrer Untersuchung sagen? Der Gegenstand ist zu kompliziert, als dafs Sie sofort auf allgemeine oder unbedingte Zustimmung rechnen dürften, und es könnte jenen noch manches dagegen beifallen, was mir nicht hat beifallen können. Doch hege ich die sichere Hoffnung, dafs man sich endlich auch allgemein Ihren Ansichten und Versuchen in sachlicher Beziehung wird fügen müssen. Etwaigen weiteren Bemerkungen von Ihrer Seite mit Vergnügen entgegensehend, mit dem Ausdruck vorzüglicher Hochachtung

der Ihrige

Prof. Fechner.

22. und 23. Januar.

Nachschrift.

Eben war ich im Begriffe, vorigen Brief abzuschicken, als ich Ihr nachträgliches Schreiben erhielt. Sollte nun das Folgende auch nicht hinreichen, uns der Einstimmung näher zu bringen, so kann es wenigstens unseren Standpunkt einander gegenüber in den betreffenden Fragen klarer stellen. *Wesentlich sind es zwei Punkte, um die es sich handelt.*

Zum Ersten. Wenn ich Ihnen zugebe, dafs der gesetzmäfsige Gang der Naturerscheinungen irgendwie zutreffend mit dem Gange einer ganz unregelmäfsigen Kurve vergleichbar

ist, so gebe ich Ihnen alles inbetreff des ersten Punktes zu; nur die Vergleichbarkeit selbst gebe ich nicht zu, und glaube hierin einer ziemlich allgemeinen Beistimmung sicher zu sein. Gewifs ist die Komplikation der Bedingungen, welchen die Naturerscheinungen unterliegen, sehr grofs, und alle Komplikationen lassen sich nicht in Formeln aufnehmen; aber es kommen nicht überall alle Komplikationen vor, und hiernach würde ich doch nur solchen Formeln prinzipielle Gültigkeit zugestehen, um überhaupt einen haltbaren Begriff mit diesem Ausdruck zu verbinden, welche entweder die Komplikationen, die nun eben merklich in Betracht kommen, in sich aufnehmen, oder für die einfachen Voraussetzungen, für die sie ausdrücklich gelten sollen, voraussichtlich schrankenlos zutreffen. Aber Ihre Mafsformel entspricht weder der einen, noch der anderen Forderung, indem sie die Hubhöhe einfach vom Fundamentalreize abhängig macht, also Komplikationen, die Sie selbst anerkennen, nicht mit aufnimmt, für die einfachen Abhängigkeitsverhältnisse aber, die sie decken soll, keine schrankenlose Gültigkeit haben kann, da sie für starke Reize unmögliche Hebungen giebt. Jedenfalls nun sind das Nachteile Ihrer Formel wie jeder andern, von der sich ähnliches sagen läfst, die den Wert derselben für die Anwendung verringern; und das bleibt sich gleich, ob man zur kurzen Bezeichnung solcher Nachteile den Ausdruck prinzipielle Unzulänglichkeit anwenden will oder nicht, was in der That leicht blofs ein Wortstreit werden kann; denn es kommt dabei nur darauf an, ob man mit diesem Gebrauche des Wortes in den allgemeinen wissenschaftlichen Sprachgebrauch hineintritt oder nicht; und wenn ich in dieser Hinsicht gegen Sie im Rechte zu sein glaube, so kann ich es doch ohne Berufung auf Autoritäten, die nicht gleich zur Hand sind, nicht beweisen; aber es kommt auch eben sachlich nichts auf dieses Wort an, und habe ich daher von vornherein einer Besprechung darüber nur eine formelle Tragweite beigelegt. Von anderer Seite würde ich Ihnen auch in dem, um was es sich dabei sachlich handelt, vollkommen Recht geben, wenn ich Ihnen darin Recht geben müfste, dafs eine zur Repräsentation naturgesetzlicher Verhältnisse bestimmte Formel, die in gewissen Grenzen vollkommen genügt, über diese Grenzen hinaus (ohne neu zutretende Komplikationen) nicht mehr zu genügen braucht, kurz dafs die Naturgesetzlich-

keit im Sinne Ihres Bildes von der Kurve eine diskontinuierliche ist. Denn dann würden jene Nachteile als in der Natur der Sache begründet zu tragen sein, und nur der Nachteil würde Ihrer Formel noch bleiben, daſs sie die Grenzen, in denen sie gültig ist, nicht selbst bezeichnet, was eine mathematische Formel doch kann, indem sie an den Grenzen diskontinuierlich wird.

Ich würde aber mit all dem gegen mich selbst streiten, wenn ich damit den immerhin bedeutenden Wert bestreiten wollte, den Formeln haben können, die nur in gewissen Grenzen sehr approximativ zutreffen, indem all das, was Ihre myophysische Maſsformel trifft, meine psychophysische in der äuſseren Psychophysik nicht minder trifft, worin ich ihr doch eine, wenn schon nur auf die Grenzen des gewöhnlichen Sinnengebrauchs beschränkte und überall nur approximative Gültigkeit und hiermit Brauchbarkeit zuschreibe. Den Hauptwert derselben suche ich freilich in ihrer Übertragbarkeit auf die innere Psychophysik, wo der Reiz durch psychophysische Bewegung vertreten wird, indem ich sie hier in meinem Sinne für prinzipiell gültig halte; aber das ist doch nur Hypothese. Abgesehen davon, wird Ihre Formel wie meine in ihrer Einfachheit zur Ziehung von Hauptfolgerungen in gewissen Grenzen sogar brauchbarer sein können, als eine kompliziertere, an sich genauere, weil sie diese Folgerungen leichter und übersichtlicher hergiebt, wie man ja auch in der Dioptrik sphärischer Linsen für Ziehung von Hauptfolgerungen die ungenauen Formeln, welche die Abweichungen vernachlässigen, den genaueren vorzieht.

Noch aus einem andern formalen Gesichtspunkte als dem vorigen vermöchte ich auch nicht in das einzustimmen, was Sie über prinzipielle Grenzen der Gültigkeit des Gravitationsgesetzes bemerken. Nach Ihnen würden solche Grenzen nur dann anzuerkennen sein, wenn aus den Eigenschaften des Raumes und der Zeit bewiesen werden könnte, daſs es für sehr kleine Entfernungen nicht zureichen und vielleicht selbst für sehr groſse nicht streng giltig sein kann. Ich meine jedoch, und glaube mich auch hierin mit dem allgemeinen Sprach- und Begriffsgebrauch in Einstimmung zu finden, daſs wir damit bloſs die Einsicht in den tieferen Grund der Ungültigkeit des Gesetzes erlangen würden,

deren Thatsache freilich einen Grund haben mufs, aber auch ohne unsere Einsicht in diesen Grund anzuerkennen sein wird, wenn sie sich in der Erfahrung beweist. Die Anwendung des Wortes prinzipiell auf diese Ungiltigkeit aber würde ich darin suchen, dafs dem Prinzipe der Naturgesetzlichkeit selbst durch ein Gesetz, welches über gewisse Raumgrenzen aufhört, giltig zu sein, widersprochen wird. Doch damit kommen wir auf unseren ersten Streit.

Zum Zweiten. Sie finden es disparat, dafs ich die negativen Empfindungswerte als Entfernungen vom Dasein der Empfindung, die positiven als Empfindungsstärken fasse, was nicht miteinander vergleichbar sei. In der That aber fasse ich die negativen Empfindungen nicht als Entfernungen vom Dasein schlechthin, sondern — trotz Ihrer unten zu betrachtenden Bemerkung, als wenn dies auf dasselbe herauskäme — als Entfernungen vom Nullpunkte eines Daseins, was quantitativer Bestimmungen fähig ist, und ebenso die positiven Empfindungswerte nicht als daseiende Empfindungen schlechthin, deren Quantität aufser acht fällt, sondern als Entfernungen von demselben Nullpunkte des Daseins nur in entgegengesetztem Sinne, mit Rücksicht, dafs Gröfsenbestimmungen überall einer räumlichen Repräsentation fähig sind, und wüfste nicht, was in all dem Unzuläfsiges oder Disparates läge. Wenn man aber einwendet, dafs Entfernungen vom Nullpunkte in negativem Sinne überhaupt keine Gröfsen bedeuten können, so erwiedere ich: doch! in demselben Sinne als die Mathematik von negativen und imaginären Gröfsen spricht und sprechen mufs, und ich die Mathematik nun eben auf Gröfsenbestimmungen der Empfindungen anwende; glaube aber, schon im vorigen Briefe hierüber genug gesagt zu haben.

Nun sagen Sie freilich: „Setzt man statt des Wortes „Dasein" das Wort „Nullpunkt", so ist das nur eine verbale Änderung, keine begriffliche." Und wenn dem wirklich so wäre, so hätten alle Ihre Gegenbetrachtungen, die diesen Satz im Hintergrunde haben, recht und wäre es mit der ganzen vorigen Betrachtungsweise nichts. Aber haben Sie diesen Satz wohl ernsthaft überlegt? Sollten Sie nicht bemerken, dafs, wenn es gilt, die quantitativen Verhältnisse der Empfindung in Abhängigkeit vom Körperlichen unter einen

scharfen Ausdruck zu fassen, es gar nicht gleichgültig ist, ob ich die Gröſse der Empfindung als positive oder negative (gröſsere oder geringere) Entfernung vom Nullpunkte des Daseins oder als Entfernung vom Dasein überhaupt fasse und räumlich repräsentiere? Letztere Fassung läſst bloſs insofern eine quantitative Bestimmtheit zu, als sie in die erste übersetzt wird, Sie aber muten der Mathematik zu, die bestimmte Fassung durch die unbestimmte zu ersetzen oder begrifflich damit zu identifizieren. Hier handelt es sich doch nicht um den Begriff der Qualität, sondern der Quantität der Empfindung, und nur, wenn es sich um erstere handelte, wäre Entfernung vom Dasein und vom Nullpunkte des Daseins dasselbe.

Sie sprechen Ihre Auffassung in der That sehr deutlich und entschieden aus, wenn Sie sagen: „das Entferntsein hier (bei der Empfindung) unräumlich gedacht, kann sich doch nur auf einen Zustand beziehen. Ist der Zustand erreicht, dann kann er durch Zunahme der Empfindungsgröſse nicht noch mehr erreicht werden, als er schon ist.“ Aber hierin liegt eben das Proton Pseudos Ihrer Auffassung, daſs Sie auf dem Begriffe der qualitativen Seite des Zustandes fuſsen, während es sich um die quantitative Seite handelt. Setzen Sie einmal statt Empfindung eines körperlichen Zustandes Vermögen in Geld oder Geldeswert. Der Begriff des Vermögens fällt nicht mit dem von Geldeswert selbst zusammen, aber ist eine Funktion desselben, worunter auch Schulden als negatives Vermögen treten. Der Begriff des Vermögens in diesem Sinne ist nun auch der Begriff eines Zustandes, aber versuchen Sie doch einmal, Ihre Betrachtungsweise auf quantitative Bestimmungen des Vermögens anzuwenden; Sie werden sie damit nur unmöglich machen, und zwar nicht minder die des positiven Vermögens als der Schulden. Es geht nun einmal bei Gröſsenbestimmungen nicht, Entfernung vom Nullpunkte des Daseins mit Entfernung vom Dasein überhaupt begrifflich zu identifizieren.

Dies, was ich etwa Ihren Einwürfen gegenüber zur Rechtfertigung meiner Deutung der negativen Empfindungswerte zu sagen vermöchte, und womit ich nicht umhin kann, dieselbe auch jetzt noch zu vertreten. Aber ich muſs zugeben, daſs, die Zulässigkeit derselben in der Psychophysik vorausgesetzt,

die Übertragung dieser Deutung auf negative Geschwindigkeitswerte (in der Myophysik und Reibungslehre) gewagt erscheinen kann, und ich überlasse es gern Ihrer Beurteilung, ob sie Ihnen hier acceptabel erscheint. Ich selbst gestehe, nicht ganz klar darüber zu sein. Sie haben ja freilich recht, wenn Sie sagen: „dafs es dem mathematischen Gebrauche der Bezeichnungen positiv und negativ nicht entspricht, das, was einer Geschwindigkeit zur Erreichung eines gewissen Wertes fehlt, negative Geschwindigkeit zu nennen. Die Richtung sei allein mafsgebend." Aber erstens handelt es sich ja hier nicht darum, das, was einer Geschwindigkeit zur Erreichung irgend eines gewissen, eines beliebigen Wertes, der auch positiv sein könnte, noch fehlt, als negative Geschwindigkeit zu fassen, sondern das, was zur Erreichung des ganz bestimmten Nullwertes, wo die Geschwindigkeit eben beginnt, noch fehlt, so zu fassen, und zwar als Funktion der vorhandenen Bedingungen so zu fassen.[1] Zweitens kann im allgemeinen daran erinnert werden, dafs die mathematische Deutung der Vorzeichen + und — sich überhaupt den Umständen und Voraussetzungen der Aufgabe anzupassen hat, wonach sich auch im allgemeinen fragen läfst, ob jene Deutung auf Gegensatz der Richtungen bei der Geschwindigkeit unter allen Umständen unverbrüchlich sei, und ob nicht da, wo es in der Natur der Aufgabe selbst liegt, vielmehr das Nichterreichen und das Überschreiten des Punktes beginnender Geschwindigkeit in Betracht zu ziehen, als den Gegensatz der Richtungen, die von mir vorgeschlagene Deutung Platz finden kann. Ich wüfste wenigstens mit dem Falle der Reibung nicht anders zurecht zu kommen. Doch wie gesagt, ist dies eine Sache, die zu entscheiden Ihnen näher liegt als mir. Nur möchte ich noch erwähnen, dafs das von Ihnen bei dieser Gelegenheit angezogene Beispiel mit dem Glühen des Platindrahtes mir das, wogegen Sie es richten, nicht recht zu treffen

[1] Delboeuf glaubt p. 17. 18. seiner Schrift, einen Einwand gegen meine Aufstellung negativer Empfindungswerte darin finden zu können, dafs der Nullpunkt der Thermometerskala beliebig verschoben und so aus negativen positive Temperaturgrade gemacht werden könnten, warum nicht entsprechend mit der Empfindung? — Deshalb nicht, weil der Nullpunkt der Empfindungsskala eben nicht willkürlich wie der der Thermometerskala verschoben werden kann. [F.]

scheint. Gewifs kann der Zustand des Platindrahtes, bevor er zu glühen beginnt, nicht als negativer bezeichnet werden, aber warum? weil es für den Gebrauch des negativen Vorzeichens eben nicht darauf ankommt, dafs ein gewisser Wärmezustand noch nicht erreicht sei, sondern dafs der Nullpunkt der Wärmeschwingung noch nicht erreicht sei; dieser ist aber bei allen nicht absolut kalten Körpern schon überschritten, und kein Anlafs in der Wärmelehre, von einer Entfernung vom Nullpunkt noch unterhalb des Nullpunkts zu sprechen, daher ein negatives Vorzeichen in Bezug darauf überhaupt keinen Platz findet, so lange wir uns in der Physik halten. Treten wir aber mit dem Beispiele in die Psychophysik über, für welche erst das Sichtbarwerden des Wärmezustandes als Sache der Empfindung Bedeutung gewinnt, so geht das negative Vorzeichen nach den von mir vertretenen Prinzipien eben nur auf die Empfindung über, insofern die Wärmeschwingung nicht zureicht, sie bis auf den Nullpunkt oder Schwellenpunkt zu bringen, ohne damit auf die dazu nicht zureichende Wärmeschwingung selbst überzugehen; und ich denke, dafs all das eben nur in der Konsequenz dieser Prinzipien liegt.

Wenn Sie bemerken, dafs „nach meiner Auffassung Bewufstseinshelligkeit und Empfindungsstärke solidarisch verbunden seien", und „einander genau proportional gehen" müssen, so haben Sie den sehr wesentlichen Unterschied übersehen, den ich zwischen der Bewufstseinsintensität mache, wiefern sie von der Gröfse des Empfindungsreizes (oder der dadurch ausgelösten psychophysischen Thätigkeit von speciellem Charakter) abhängt, und wiefern sie von der Aufmerksamkeit (oder überhaupt einer allgemeinen Bewufstseinsthätigkeit, wofür ich einen allgemeineren psychophysischen Prozefs postuliere) abhängt, worüber ich in dem die innere Psychophysik behandelnden Teile meiner *Elemente* unter Mitberücksichtigung der Träume sehr ausführlich gehandelt habe. Mag sein, dafs diese Darstellung anfechtbar ist und darum keine sonderliche Beachtung gefunden hat, so kann ich danach jedenfalls die obbemerkte „Solidarität" nicht als meinen Ansichten entsprechend anerkennen. Eine Empfindung kann vielmehr danach ebenso unter die Schwelle des Totalbewufstseins fallen, wenn bei gleich gehaltenem Empfindungsreize die Aufmerksamkeit (der ihr

unterliegende Prozeſs) unter die Schwelle fällt, als wenn bei gleichgehaltener Aufmerksamkeit der Empfindungsreiz (der dadurch ausgelöste eigentümliche Prozeſs) unter die Schwelle fällt.

Sie fragen endlich noch: „Warum soll den Reizen unterhalb der Schwelle nicht etwas anderes entsprechen, als Empfindung? aber etwas, was später mit der Empfindung zusammengeht, z. B. Wärme, Änderung der elektromotorischen Eigenschaften der Ganglienzelle ähnlich wie beim Muskel?" Verstehe ich Sie recht, so treffe ich hierin ganz mit Ihnen überein, da ich ja selbst meine, daſs die physischen Veränderungen, die mit der Empfindung über der Schwelle als wesentliche Bedingungen derselben mitgehen, auch schon unterhalb der Schwelle nur in unzureichender Stärke zur Erweckung der Empfindung vorhanden sind.

Doch genug, mit der Bitte, daſs Sie diese Bemerkungen so freundlich als die früheren aufnehmen mögen. Mit vorzüglicher Hochachtung

der Ihrige

FECHNER.

Bemerkung. Die Antwort auf Ihr zweites Schreiben erst von S. 44 an, da ich dasselbe erst erhielt, nachdem die Antwort auf das erste schon abgefaſst war.

Jena, am 31. Jan. 1874.

Hochgeehrter Herr Professor,

Daſs Sie, wie ich aus Ihrem gütigen Schreiben vom 22. Jan. entnehme, jetzt gegen die Versuche des 3. Abschnitts kein sachliches Bedenken mehr hegen, ist mir ungemein erfreulich. Ich selbst finde auch, wenn ich diese Versuche noch so sehr zergliedere, keinerlei Bedenken mehr gegen ihre strenge Richtigkeit. Die Experimente des 1. und 2. Abschnitts hingegen lassen allerdings noch eine gewisse Unsicherheit übrig, auf deren mögliche Tragweite ich durch Ihre Darlegungen erst jetzt gekommen bin. Denke ich mir alle Versuche statt mit Muskeln, mit je einer Muskelfaser angestellt (so daſs alle Zickzackbiegung und Krümmung fortfällt), so verlange ich, daſs die-

selben myophysischen Formeln resultieren. Für diesen gedachten Fall müssen aber Ihre Dichtigkeitsformeln im Prinzip Geltung haben. Es bleiben also für die einzeln dem Versuche unterworfene Faser drei Möglichkeiten: Entweder 1. die myophysischen Formeln und die Dichtigkeitsformeln sind beide richtig, dann müssen unbekannte Umstände in eigentümlicher Weise kompensierend wirken, denn die Zickzackbiegung fehlt der isolierten Faser; oder 2. die myophysischen Formeln sind für die einzelne Faser richtig und die Dichtigkeitsformeln auf dieselbe nicht anwendbar, dann mufs nachgewiesen werden, weshalb nicht; ich finde aber keinen Grund gegen die Anwendbarkeit Ihrer Formeln auf die einzelne ermüdende Faser (cf. S. 53); oder 3. die myophysischen Formeln gelten nicht für die einzelne Faser, was ich nicht anerkennen kann. Es bleibt also nur die erste Möglichkeit bestehen und damit eine Unsicherheit, die freilich gemindert wird durch die Sicherheit der Versuche des 3. Abschnitts und die Konstanz der Resultate. Das sind aber äufsere Gründe. Zur völligen Beseitigung der Unsicherheit wären technisch höchst schwierige, ja unausführbare Versuche erforderlich. Ich glaube daher ruhig etwaigen Einwürfen entgegensehen zu dürfen. Denn sind dieselben blofs theoretisch, so lassen sie sich durch plausible Annahmen entkräften, zu deren Widerlegung ich Versuche verlange, sind sie auf Experimente basiert, so werden diese selbst erst auf ihre Beweiskraft zu prüfen sein. Messungen wie die von Ihnen vorgeschlagenen würden, auf den Muskel angewendet, kein brauchbares Resultat geben, weil bei allen meinen Versuchen es sich um sehr schnelle Stromumkehrungen im Muskel handelt (die Schliefsungs- und Öffnungsinduktionsströme waren durch die Helmholtzsche Vorrichtung gleich stark gemacht) und die grofsen Schwankungen des Eigenstroms des Muskels — abgesehen von Polarisationen — sich störend einmischen. Die Zunahme der Säuerung ist unkontrollierbar. Einiges von dem, was Sie proponieren, scheint mir indessen doch ausführbar, nur würde, soviel ich finde, das Resultat, wie es auch ausfalle, die Unsicherheit nicht beseitigen können. Denn es tritt noch folgendes hinzu:

Die ganze bisherige Betrachtung geht davon aus, dafs der Forderung $\mathfrak{D} = D$ notwendig genügt werden müsse. Vielleicht ist aber diese Forderung nicht unerläfslich. Es könnte z. B. eine Funktion y der Dichte mafsgebend sein, so dafs grofse Verschiedenheiten von $\mathfrak{D}$ und D sehr kleine Verschiedenheiten von y mitführten. Ferner: Es steht fest, dafs die Erregungsgröfse m eine (unbekannte) Funktion der Geschwindigkeit ist, mit welcher die Stromdichte im Muskel sich

ändert (Myoph. Ges. S. 99). Die Versuche der Abschnitte 1 und 2 verlangen zunächst nur, dafs die Erregungsgröfse dieselbe sei im unverkürzten tetanisierten Muskel wie im verkürzten ebenso tetanisierten. Dies ist aber in zweifacher Weise möglich, entweder, indem die Dichte mit gleicher Geschwindigkeit in beiden Fällen schwankt und die Konstanten unverändert bleiben, oder indem sie mit ungleicher Geschwindigkeit schwankt und die Konstanten sich ändern. Ist z. B. die Erregungsgröfse m proportional dem Differenzialquotienten der auf die Zeit bezogenen Stromdichtigkeitskurve in einem Muskelelement, ϱ eine Konstante

$$m = \varrho \cdot \left(\frac{dn}{dt}\right) = \varrho \cdot \Delta$$

so kann m konstant bleiben, wenn ϱ und Δ konstant bleiben und wenn ϱ und Δ sich beide zugleich ändern. ϱ könnte sich aber leicht mit der gewaltsamen Verhinderung der Kontraktion durch p ändern. Die Möglichkeit scheint hierdurch gegeben, dafs 𝔇 nicht gleich D zu sein braucht. —

Dem, was Sie über das Leiten oder Nichtleiten des Sarkolemms sagen, kann ich nur beistimmen.

Inwiefern Änderungen des Leitungswiderstandes des Muskels mit der Ermüdung und Stromstärke bei den Versuchen des 1. und 2. Abschnitts in Betracht kommen, läfst sich leider nicht bestimmt angeben. Bei vielen Reihen ist a) λ veränderlich und der Rollenabstand r konstant, b) bei anderen λ konstant und r variabel, c) bei wieder anderen λ und r variabel; bei allen schreitet die Ermüdung gleichsinnig fort. Die Konstanz des Produktes $\lambda \mathfrak{L}_1$ *bei b) und c) würde also eine Hilfshypothese verlangen, dafs nämlich Steigerung der Reizstärke die Abnahme des Leitungswiderstandes im Muskel verhindere, was wohl möglich wäre. Überhaupt aber ist über den Leitungswiderstand des Muskels und seine Änderungen mit der Thätigkeit und Ermüdung gar zu wenig Zuverlässiges bekannt. Die Angaben darüber widersprechen sich. Genaue Versuche sind bis jetzt nicht ausführbar, so dafs man hie und da entgegengesetzte Annahmen gleich annehmbar machen könnte. Es wäre freilich ein sehr grofser Gewinn, wenn man für den Fall, dafs die Versuche für die einzelne Muskelfaser genau gelten, nachweisen könnte, dafs Änderungen des Leitungswiderstandes das Resultat nicht stören können. Wenn ich auch bis jetzt einen solchen Nachweis nicht liefern kann, so ist doch die Behauptung, dafs sie störend wirken müssen, ebensowenig bewiesen.*

In Betreff der Meinungsdifferenz über prinzipielle Grenzen der Naturgesetze ausdrückenden Funktionsformeln sehe ich aus Ihrer Nachschrift, dafs der Disput bereits zum Teil ein Wortstreit geworden ist. Denn ich habe allerdings gemeint — und meine dies auch noch — dafs nur „die Einsicht in den tieferen Grund der Ungültigkeit des Gesetzes“ zur Aufstellung prinzipieller Grenzen berechtigt. Fehlt diese Einsicht, so sind mir die Grenzen eben nur empirisch gegeben. Ich räume Ihnen natürlich gern ein, dafs dieser Gebrauch des Wortes „prinzipiell“ in Verbindung mit „Grenze“ der gewöhnliche nicht ist. Er scheint aber den Vorzug grofser Bestimmtheit zu haben.

Sachlich spitzt sich die Differenz so zu, dafs es sich um die Zulässigkeit des Vergleichs der dem Gesetz zu unterwerfenden Naturerscheinungen mit einer unregelmäfsigen Kurve handelt. Zunächst möchte ich zur Verteidigung meiner Ansicht hervorheben, dafs die Naturgesetzlichkeit überhaupt nur eine Hypothese ist, eine Hypothese von immensem heuristischem Werte, die uns bei der jetzigen Ausbildung des Intellekts auch in höchstem Grade bequem ist, aber wir haben doch nicht die mindeste Garantie dafür, dafs die Gesamtheit aller Erscheinungen naturgesetzlich zu einer Einheit verbunden sei. Man macht zwar ganz allgemein diese Annahme in dem Glauben, die Naturforschung sei ohne sie unmöglich, aber sollte sie nicht eher eine Einschränkung der Forschung, als ein Postulat sein? — Hiervon abgesehen wird jeder beliebige Erscheinungskomplex, der behufs einer Specialuntersuchung herausgegriffen wird, unbedenklich einer unregelmäfsigen Kurve vergleichbar sein, insofern hier wie dort durch Ermittelung der Gleichung für einen Teil nichts ausgesagt ist über die übrigen Teile, und insofern hier wie dort die Aufnahme aller Komplikationen in eine Gleichung nicht angeht. Nun sagen Sie sehr wahr: „Gewifs ist die Komplikation der Bedingungen, welchen die Naturerscheinungen unterliegen, sehr grofs, und alle Komplikationen lassen sich nicht in Formeln aufnehmen, <u>a b e r e s k o m m e n n i c h t ü b e r a l l a l l e K o m p l i k a t i o n e n v o r</u>“ — ich unterstreiche die letzten Worte, weil der Gedanke auch meiner Meinung nach von fundamentaler Bedeutung für die Erforschbarkeit der Natur ist — weiter sagen Sie aber in Ihrem letzten Briefe, dafs Sie mir darin nicht Recht geben können, „dafs eine zur Repräsentation naturgesetzlicher Verhältnisse bestimmte Formel, die in gewissen Grenzen v o l l k o m m e n genügt, über diese Grenzen hinaus (ohne neu hinzutretende Komplikationen) nicht mehr zu genügen braucht, kurz, dafs die Naturgesetzlichkeit . . . . . eine diskontinuierliche“ sei. Hierauf erwidere ich, dafs ich dies nicht

behaupte, vielmehr sage, dafs, wenn die Formel aufhört zu gelten, dies eben durch hinzutretende Komplikationen bedingt ist. Auch für mich als Experimentator ist die Naturgesetzlichkeit kontinuierlich, die Kurve bildet eine ununterbrochene Linie, aber ich kann immer nur für ein Stück oder mehrere Stücke die Formeln finden, die nicht mehr genügen, wenn ich über die abgegrenzten Intervalle hinausgehe, weil dann neue Komplikationen dazukommen. Sie verlangen, dafs die Formel entweder die eben merklichen Komplikationen in sich aufnehme oder für die einfachen Voraussetzungen, für welche sie ausdrücklich nur gelten soll, voraussichtlich schrankenlos gelte. Ich verlange nur das erstere und kenne keine auf Naturerscheinungen angewandte Funktionsformel, die, unter den denkbar einfachsten Voraussetzungen aufgestellt, für diese unbedingte Gültigkeit hätte wie in der reinen Mathematik. Der Forderung alle Komplikationen e i n e s untersuchten Erscheinungskomplexes in die Formel aufzunehmen, kann, meine ich, n u r deshalb nicht genügt werden, weil eben die Komplikationen nicht alle genau genug feststellbar sind. Je mehr davon erkannt werden, um so mehr rücken die untere und obere Gültigkeitsgrenze der Formel auseinander.*

In Betreff der negativen Empfindungen erlauben Sie mir zuerst die Bemerkung, dafs dieser Diskussion gewissermafsen die Spitze abgebrochen ist, indem Sie einräumen, von den Vorzeichen + und — einen etwas anderen Gebrauch zu machen, als gemeiniglich in der Mathematik üblich ist. Die „Deutung der Vorzeichen" habe sich der Aufgabe anzupassen. So sehr ich diesem letzten Satze beistimme, so kann ich mir doch nicht verschweigen, dafs Ihrer Verwendung der Vorzeichen in vorliegender Frage einige Willkür zu Grunde liegt, und dies entschuldigt, dafs ich Ihrer Auffassung mich nicht fügen kann. Ich glaubte bis jetzt, Sie wollten ganz s t r e n g die mathematische Bezeichnung auf die Psychophysik ü b e r t r a g e n , ich sehe aber jetzt, dafs es sich nicht durchweg darum, sondern mehr um eine scharfsinnige V e r w e n d u n g derselben handelt. Damit fällt ein Bedenken, weil die Behauptung, gegen die es sich richtete, nicht besteht. Aber Sie erlauben mir wohl auf die zwei anderen Bedenken auch jetzt noch kurz zurückzukommen, zumal ich das eine, wie ich aus Ihrer Antwort ersehe, nicht genug präzisiert hatte. Es ist dieses:

---

* *Schärfer: Dafs in gewissen Grenzen genügende Formeln über diese hinaus nicht zu genügen brauchen, weil dann Komplikationen hinzutreten, die in die Formel wegen mangelnder Kenntnis derselben, nicht aufnehmbar sind.* [P. 1874]

Bewufstseinshelligkeit und Empfindungsgröfse müssen trotz Ihrer Ausführungen im 2. Teile der „Elemente" in vorliegender Frage nach Ihrer Auffassung als solidarisch verbunden gedacht werden, weil verlangt wird, dafs die negativen Empfindungen die Tiefe des Unbewufstseins quantitativ angeben sollen. Es müssen also notwendig die positiven Empfindungen ebenso die Intensität des Bewufstseins angeben. Wenn diese Konsequenz der Aufstellung des Begriffs der negativen Empfindungen (als verschiedener Tiefen des Unbewufstseins) nicht anerkannt wird, dann ist entweder eine wahre Disparität da (die — und + Empfindungen sind heterogene Dinge) oder die Begriffe negative Empfindung und unbewufste Empfindung fallen auseinander. Es bleibt dann nur noch negative Empfindung = imaginäre Empfindung ohne Rücksicht auf Bewufstsein und Unbewufstsein. In diesem Falle wird aber psychologisch die Bezeichnung negative Empfindung inhaltlos, während sie vorher als Unbewufstseinstiefe einen sehr wertvollen Inhalt hatte. Somit bleibt nur übrig: entweder die Bewufstseinshelligkeit ebenso solidarisch an die positiven Empfindungen zu ketten, wie die Unbewufstseinstiefen an die negativen Empfindungen, oder Bewufstsein und Empfindung ganz getrennt zu betrachten, wodurch die negativen Empfindungen inhaltleer werden. Das erstere lehnen Sie ab, wie ich, das zweite werden Sie aber auch nicht acceptieren können, da ein Hauptmerkmal Ihrer Auffassung darin besteht, dafs die negativen Empfindungen Unbewufstseinstiefen repräsentieren. Demnach ist mir nicht ersichtlich wie die negativen Empfindungen nach Ihrer Auffassung noch bestehen könnten. Sollte ich im Irrtum sein, so bitte ich Sie die Bestimmtheit der Sprache verzeihen und dem Wunsche ganz deutlich zu sein, zuschreiben zu wollen.

In Betreff des noch übrigen von mir geäufserten Bedenkens mufs ich Ihnen zuvörderst darin vollkommen recht geben, dafs ich „Entferntsein vom Dasein schlechtweg" und „Entferntsein vom Nullpunkt des Daseins" identifizierte, was in dem Zusammenhang meines letzten Schreibens unzulässig war. Der Fehler könnte durch Übereilung entschuldigt werden. Aber ich hatte mich nicht übereilt, sondern hielt es für unmöglich Quantitäten des Empfindungsdaseins zu unterscheiden, nachdem Quantitäten des Entferntseins vom Dasein der Empfindung unterschieden worden waren. Das Entferntsein vom Dasein war mir eine teilbare Linie, das Dasein ein unteilbarer Punkt. Ich sehe nun, dafs doch beides zugleich (— und + Entfernung vom Nullpunkt) möglich ist, aber nur abstraktiv. Ich opponiere Ihnen daher in diesem Punkte nicht mehr theoretisch. Nur gestatten Sie mir zu zweifeln,

ob irgend etwas durch solche Auffassung der Psychophysik gewonnen wird. Ich mufs zur Verdeutlichung meiner Zweifel noch einmal auf den im Dunkeln glühenden Draht zurückkommen. Die Parallele, welche ich im Sinn habe, ist diese, wobei alles objektiv zu nehmen:

Der Draht		*Die Ganglienzelle*
undurchströmt *Kälte* *Dunkelheit*	1)	*ungereizt* *keine psychophysische Bewegung* *keine Empfindung*
schwacher Strom *Wärme* *Dunkelheit*	2)	*schwacher Reiz* *schwache psychophysische Bewegung* *keine Empfindung*
starker Strom *heifs* *Lichterscheinung*	3)	*starker Reiz* *starke psychophysische Bewegung* *Empfindung.*

Wenn nun das „keine Empfindung" sub 2) rechts als negative Empfindung bezeichnet wird, so müfste auch die „Dunkelheit" sub 2) links eine „negative Lichterscheinung", ein „negatives Glühen" genannt werden, was nicht angeht. Wenn man daher das „keine Empfindung" sub 2) als „negative Empfindung" bezeichnet, so verzichtet man auf den mathematisch-physikalischen Gebrauch des Wortes negativ, wie er sonst üblich. Eine solche Verzichtleistung würde weniger willkürlich erscheinen, wenn sie besondere Vorteile mit sich führte. Ich finde aber deren keine. Das Glühen tritt notwendig ein, wenn eine gewisse Temperatur erreicht ist, die Empfindung, wenn ein gewisser Wert der psychophysischen Bewegung erreicht ist. Diese beiden, den Nullpunkten des Glühens bezw. der Empfindung entsprechenden Werte sind nur durch ihre Gröfse von den Nachbarwerten unterschieden. Fände sich aber z. B. die Abhängigkeit der Lichterscheinung, der objektiven Lichtstärke $\mathfrak{L}$ des glühenden Drahtes von der Temperatur T entsprechend $\mathfrak{L} = \log T$, so dafs, wenn $T < 1$ die $\mathfrak{L}$-Werte negativ werden, so würde man doch den „negativen Lichtintensitäten" irgend welche Bedeutung nicht beimessen. Da sie nur bei Ausdehnung der Formel über die beobachtete Grenze hinaus zum Vorschein kommen, kann man garnicht wissen, ob da überhaupt die Funktion noch gilt. Geradeso wie das Gravitationsgesetz für sehr kleine Entfernungen nicht mehr in der Form wie für gröfsere gilt, könnte das fiktive Glühgesetz für sehr niedrige Temperaturen nicht mehr gelten. Die reine Beobachtung giebt für alle Werte von $T < 1$ den Wert $\mathfrak{L} = 0$. Geradeso meine ich bei

den Empfindungen, wenn man statt $\mathfrak{Q}$ die Empfindungsstärke und statt T die psychophysische Bewegung setzt. Sowie dagegen die imaginären negativen $\mathfrak{Q}$-Werte durch irgend ein, auch dem positiven $\mathfrak{Q}$ zukommendes Merkmal voneinander unterschieden werden könnten, aufser dem ungleichen Entferntsein vom Nullpunkt oder Glühpunkt, sowie die negativen Empfindungen in Ihrem Sinne z. B. wirklich als Tiefen des Unbewufstseins und die positiven als Grade des Bewufstseins gefafst werden könnten, so dafs sie mehr als eine blofse mathematische Fiktion wären, dann hätte die ganze Betrachtung einen grofsen Wert. Das von Ihnen auch in den „Elementen" angeführte treffliche Beispiel von den Schulden giebt auch hierfür eine gute Erläuterung, wenn man den Kredit hinzunimmt. In der Psychophysik aber finde ich etwas dem Entsprechendes bis jetzt nicht. Es bleibt, wenn man die streng mathematische Übertragung festhält, nur das ungleiche Entferntsein vom Nullpunkt, welches psychologisch unfruchtbar ist (S. 56). Nimmt man das Bewufstsein und Unbewufstsein hinzu, dann ist die Übertragung nicht streng, weil dann die + und — Empfindungen disparat werden.

Ich gestehe übrigens, in dieser ganzen Frage noch nicht mit mir selbst völlig einig zu sein. In einer gröfseren Untersuchung (über den Begriff der physiologischen Funktion), mit welcher ich seit längerer Zeit beschäftigt bin, hoffe ich, gerade diesen Punkt ganz gründlich zu behandeln.

Ich danke Ihnen wiederholt für Ihre mir überaus interessanten Mitteilungen und bitte Sie, wenn es Ihnen irgend möglich sein sollte, die Zeit dazu zu finden, wenigstens über den Punkt S. 56 mir gütigst Nachricht geben zu wollen.

In gröfster Hochachtung

Ihr ergebenster

Preyer.

Leipzig, d. 6. Febr. 1874.

Hochgeehrter Herr Professor,

Darf ich mir gestatten, Ihnen noch vorzulegen, was mir von Bemerkungen bei Lesung Ihres letzten Schreibens beigefallen ist, so dürfte es etwa folgendes sein.

1) Es ist mir auffällig gewesen, dafs Sie voraussetzen, bei Versuchen mit einer isolierten Muskelfaser werden alle Zickzackbiegungen und Krümmungen wegfallen. Ich würde vermuten, dafs allerdings die letzten nur von Zufälligkeiten abhängen, die ersten aber vielmehr leichter als schwerer eintreten, wenn die Muskelfaser nicht an andere gefesselt ist, und dafs sie wesentlich für die Muskelverkürzung überhaupt sind, ja weifs es mir gar nicht anders zu denken. Denn sollte es nicht so sein, so müfste sich die isolierte Muskelfaser bei der Verkürzung verdichten, und dies sich auch beim ganzen Muskel merklich machen, während man doch hier, so viel ich weifs, keine merkliche Verdichtung statuiert. Auch scheint mir die Zulässigkeit von kleinen Knickungen selbst bei der einfachen Muskelfaser, wenn sie sich verkürzt, Ihnen nur zu statten zu kommen.

Sind solche Knickungen bei der einfachen Muskelfaser annehmbar, so werden natürlich auch die drei Alternativen, die Sie bezüglich der relativen Giltigkeit der myophysichen und Dichtigkeitsformeln stellen, sich anders stellen müssen. Sie bleiben bei der ersten, als der allein zulässigen, stehen, wonach die myophysischen und Dichtigkeitsformeln beide selbst auf die einzelne Faser anwendbar sind, „unbekannte Umstände" aber in der Weise „kompensierend" wirken, dafs die scheinbare Unverträglichkeit beider Formeln sich hebt. Findet nun Knickung statt Verdickung der einzelnen Faser bei der Zusammenziehung statt, so wird damit die Dichtigkeitsformel, welche auf diese Knickungen keine Rücksicht nimmt, ungiltig, und bedarf es nicht der Zuziehung unbekannter Umstände. Bedürfte es aber doch solcher, so würde Ihre Formel, sofern sie nur mit Rücksicht auf solche ihre Giltigkeit behaupten kann, dadurch sehr an Interesse verlieren. Denn man würde dann zu sagen haben: Die myophysiche Formel repräsentiert zwar (in gewissen Grenzen) richtig die Abhängigkeit der Muskel-

verkürzung vom äufsern Reize, aber hiermit nicht vom innern Reize (seiner Dichtigkeit), sofern dieser dem äufsern nicht proportional geht; vielmehr ist es ein Verhältnis des innern Reizes und unbekannter komplizierender Umstände, welche der innere Reiz auslöst, wovon die Verkürzung nach der myophysischen Formel abhängt. Nun hat es zwar einiges empirisches Interesse die Abhängigkeit der Verkürzung vom Verhältnisse des äufsern Reizes nach einer Formel bestimmen zu können, aber kein sonderliches physiologisches, eine komplizierte Abhängigkeit letzter Art darnach bestimmt zu wissen.

2) Sie bemerken, es seien Annahmen möglich, nach denen zur Giltigkeit Ihrer Formeln die Gleichheit von 𝔇 mit D nicht nötig sei. Es sei nur zu verlangen, dafs die Erregungsgröfse dieselbe sei im unverkürzten und verkürzten Muskel; die Erregungsgröfse aber sei eine (unbekannte) Funktion der Geschwindigkeit, mit welcher die Stromdichte im Muskel sich ändert, und diese (unbekannte) Funktion könne so beschaffen sein, dafs trotz der Verschiedenheit von 𝔇 und D die Erregungsgröfse dieselbe bleibe. Inzwischen sehe ich wenigstens nicht deutlich ein, wie die Geschwindigkeit, mit der sich die Stromdichte, sei es im unverkürzten oder verkürzten Muskel, während des Bestandes ihres Zustandes ändert, von etwas anderem abhängen soll, als von der Weise, wie diese Änderung im tetanisierenden Apparat erfolgt, wonach sie den unverkürzten und verkürzten Muskel, deren Zustände man zu vergleichen hat, in demselben Grade betreffen mufs; doch gestehe ich zu, dafs, wenn auch die Maxima und Minima der Dichtigkeit hiernach in beiden Zuständen des Muskels mit denen im Apparat zusammenfallen müssen, doch der Gang der Dichtigkeitsänderungen zwischen Max. und Min. ein verschiedener in beiden Zuständen des Muskels sein und möglicherweise in Ihrem Sinne verwertbar sein kann. Viel bauen möchte ich doch nicht auf diese gar zu unsichere Möglichkeit.

3) Nicht ganz klar sind mir die Einwände, wonach Sie die von mir vorgeschlagenen Versuche zur Konstatierung eines etwaigen Einflusses der Muskelverkürzung auf den Leitungswiderstand der Kette für unthunlich erklären. Sie operieren mit sehr schnellen Stromumkehrungen, und, wie ich früher bemerkte, können diese allerdings auf eine magnetische Stahlnadel im Multiplikator nur eine sich kompensierende Wirkung

äufsern, nicht so auf eine weiche Eisennadel, wo die, von der Magnetisierung der Nadel durch den Strom abhängigen Wirkungen sich vielmehr addieren als kompensieren. Nicht nur, dafs dies theoretisch vorauszusehen ist, erinnere ich mich auch von früher her, dafs POGGENDORFF dies konstatiert hat und ich es selbst durch eigne Versuche zur Zeit, wo mir noch ein physikalischer Apparat zur Verfügung stand, bewährt habe, ja angefangen hatte, eingehendere Versuche darüber anzustellen. Von Polarisation dürfte nichts zu fürchten sein, da sich die polarisierenden Wirkungen durch Entgegensetzung der Stromrichtungen beim Wechsel kompensieren, und die Schwankungen des Eigenstromes des Muskels entweder gegen die so viel stärkeren Induktionsströme verschwinden, oder sich kompensieren, worüber ich allerdings gestehe, nicht genau genug unterrichtet zu sein.

4) Was unsere Abweichungen nach Beziehungen betrifft, die mehr formell, begrifflich oder sprachlich als sachlich sind, so sind wir damit wohl in unsern Diskussionen an eine Grenze gegenseitiger Verständigung gelangt. Sei es, dafs wir uns nicht ganz verstehen, oder nicht aus unserer einmal eingenommenen Stellung zu weichen Anlafs finden, so kommen wir nur in anderen Wendungen wesentlich immer auf dieselben Gesichtspunkte zurück. Wenigstens finde ich, dafs es bei mir und zum Teil auch schon bei Ihnen so ist, und sollte uns dasselbe ferner begegnen, so thun wir allerdings besser, die Unterhaltung nach dieser Seite abzubrechen. Doch werde ich mich einer Fortsetzung derselben, sollten Sie eine solche wünschen, nicht entziehen, und, wenn ich nach folgendem nichts mehr zu sagen wissen sollte, ohne mich gar zu sehr zu wiederholen, Ihnen gern das letzte Wort als Schlufswort überlassen.

5) Ich fand einen Nachteil Ihrer Mafsformel darin, dafs sie die Komplikationen, von welchen man die Abweichungen nach oben abhängig machen möchte, weder in sich aufnimmt, noch für die Voraussetzung, dafs Komplikationen fehlen, zutrifft. Hingegen sagen Sie in Ihrem letzten Schreiben: sie trifft vielmehr nach oben eben deshalb nicht zu, weil die Komplikationen zutreten, die in den Grenzen, wo sie zutrifft, fehlen. Aber nein, es läfst sich ja aus der Natur der Formel selbst übersehen, dafs sie auch bei Wegdenken aller Komplikationen, die nach oben zutreten sollen, nicht nach oben zu-

trifft, weil sie für grofse Reize Verkürzungen finden läfst, die gröfser als der zu verkürzende Muskel, also unmöglich sind. Nun werden Sie vielleicht sagen, wenn ich Ihre Gedanken recht errathe: Das Wegdenken der Komplikationen von dem Punkte an, wo sie eintreten, ist unstatthaft. Bis zum Eintritt derselben gilt ein einfaches Gesetz, vom Eintritt derselben an ein kompliziertes Gesetz, die man beide für sich aufsuchen und bewahren mufs; das erste hört auf gültig zu sein, wenn die Gültigkeit des letzten beginnt. Aber wenn ein Körper aus dem leeren Himmelsraume in die Atmosphäre hineinfällt, tritt mit dem Eintritt in die Atmosphäre eine vorher nicht vorhandene Komplikation der Umstände ein. Doch hört mit diesem Eintritt das für den leeren Raum geltende Fallgesetz nicht auf, für die Berechnung des Erfolges unanwendbar zu werden, sondern setzt sich in selbstgesetzlicher Weise mit dem Gesetze des Luftwiderstandes in den Erfolgen zusammen, als wenn es ins Unbestimmte gälte. Und sollte die Formel für das reine Fallgesetz über den Punkt hinaus, wo die Komplikation beginnt, unmögliche Erfolge finden lassen, so würde jeder es für falsch auch bis zu diesem Punkte erklären. Anders lassen sich ja zusammengesetzte physikalische Erscheinungen garnicht erfolgreich behandeln, und ich wüfste nicht, worin sich der Fall, um den wir uns hier streiten, nach der Beziehung, um die wir uns streiten, von dem vorigen unterschiede.

Nun wäre es freilich möglich, und halte ich es selbst [für] wahrscheinlich, dafs der Reiz vom Anfange der Verkürzung des Muskels an Veränderungen in der Struktur des Muskels auslöst, welche zur Verkürzung des Muskels selbst wesentlich sind, also nicht als äufserlich zutretende Komplikationen angesehen werden dürfen, deren Gang aber so kompliziert ist, um keinen einfachen Ausdruck des Gesetzes und mithin der Formel der Verkürzung in Abhängigkeit von der Gröfse des Reizes überhaupt zu gestatten, und dies könnte auch meinen früheren Vorschlag zur Vervollständigung der Formel unzulänglich machen, würde aber freilich Ihre Formel nicht zulänglicher machen und nur bedauern lassen, dafs sie das Erwünschte, was sie zu leisten versprach, bei näherm Zusehen und der Natur der Sache nach doch nicht ganz zu leisten vermag.

Jedenfalls besorge ich, dafs, wenn Sie selbst auf Grund Ihrer Ansichten von Naturgesetzlichkeit ablehnen, einen wesent-

lichen Mangel Ihrer Formeln (um nicht auf das Wort prinzipielle Unzulänglichkeit zurückzukommen) darin zu sehen, dafs sie für starke Reize unmögliche Hebungen giebt, dies Ihnen von allen Andern begegnen wird, die diese Eigenschaft Ihrer Formel bemerken; was nicht hindert, wie ich ja immer wiederholt erklärt habe, den Nutzen einer Formel anerkennen zu lassen, die in gewissen nicht zu engen Grenzen empirisch genügt, und damit zu erkennen giebt, dafs sie doch eine Annäherung an die richtige ist, indem sie aber zugleich auffordert, diese durch eine Vervollständigung oder Modifikation der Ihrigen zu finden. Wenigstens ich selbst vermöchte die Sache nicht anders zu fassen; bestehen Sie aber auf Ihrer Ansicht, wie ich auf der meinigen, so sehen wir hier gleich den ersten Punkt, bezüglich dessen wir uns nur wiederholen, nicht überzeugen können; und es werden noch mehrere solche folgen.

6) Sie bemerken: in betreff meiner Auffassung der negativen Empfindungswerte sei insofern nicht mehr mit mir zu streiten, als ich selbst „einräume, von den Vorzeichen + und — einen etwas anderen Gebrauch zu machen, als gemeiniglich in der Mathematik üblich ist“. Aber weder habe ich dies eingeräumt, noch räume ich es jetzt ein, wenn ich damit einräumen soll, dafs ich den Sinn, in welchem die Mathematik diese Vorzeichen braucht, in der Psychophysik irgendwie verlasse, da ich vielmehr immer wiederholt darauf hingewiesen habe, dafs die Mathematik in einem ganz entsprechenden Falle — nicht entsprechende, und wären sie noch so zahlreich, kann man aber doch nicht geltend machen — die Zeichen + und — ganz ebenso braucht als ich. Ihr Ausdruck „üblich“ bezieht sich eben nur auf die Menge nicht entsprechender Fälle. Dafs die von mir für gewisse Verhältnisse vorgeschlagene Deutung negativer Geschwindigkeitswerte als imaginärer Zweifeln unterliegen kann, habe ich schon früher anerkannt, und es liegt auch zunächst kein Interesse für mich vor, darauf zu bestehen.

7) Von anderer Seite jedoch bestreiten Sie aufs neue meine Auffassung des Verhältnisses zwischen positiven und negativen Empfindungen aus dem Gesichtspunkte, dafs sich solche mit dem von mir statuierten Verhältnisse zwischen bewufst und unbewufst nicht reime, oder auch, dafs das letztere Verhältnis sich mit dem ersten nicht reime, kurz, Sie finden hier etwas, was nicht zusammenklappt. Nun gestehe ich offen,

selbst nach wiederholtem Durchlesen kein rechtes Verständnis Ihres hierauf gehenden Einwurfes haben gewinnen zu können; wovon ich den Grund schliefslich in nichts anderem zu finden weifs, als dafs Sie ebensowenig im letzten als vorhergehenden Briefe sich auf eine Unterscheidung des Bewufstseins einlassen, die ich nicht minder zur Präcisierung als Beantwortung des Einwurfes wesentlich halte; daher ich mich auch hier wieder werde wiederholen müssen, indem ich auf diese Unterscheidung zurückkomme. Ob ich damit Ihren Einwurf eigentlich treffe, weifs ich freilich ebensowenig, als ob Ihr Einwurf eigentlich meine Auffassung trifft; doch will ich, bevor ich auf den Versuch einer Antwort eingehe, schematisch zu zeigen suchen, wie ich mir's denke.

Seien zwei Punkte übereinander und ein Punkt dazwischen gegeben; die Richtung nach oben sei als positiv genommen, so wird der Zwischenpunkt sich vom untern Punkte in positivem, vom obern in negativem Abstande finden. Fragt nun jemand, ob eine gewisse Eigenschaft dessen, was sich am Zwischenpunkt befindet, solidarisch mit seinem positiven oder negativen Abstande sei, ohne Unterscheidung, auf welchen Punkt er den Abstand bezieht, so scheint mir das eine Frage derselben Art zu sein, als die, der ich in Ihrem Einwurfe begegne. Natürlich kann, was in einem Sinne stimmt, nicht mehr im andern Sinne stimmen. Doch nun ohne Bild:

Ich meine, man hat ein höheres Bewufstsein zu unterscheiden, das der willkürlich richtbaren und verlegbaren Aufmerksamkeit, der Reflexion, Abstraktion u. s. w. — bleiben wir hier nur bei der willkürlich verlegbaren Aufmerksamkeit stehen — und ein niedres Bewufstsein, das der sinnlichen Empfindung und ihrer Reproduktion in Erinnerung. So geschieht es schon in der Psychologie und mufs auch in der Psychophysik geschehen, indem man ersterer allgemeine, dieser speciellere psychophysische Prozesse (im Sinne der Erläuterung im 42. Abschnitte meiner *Elemente*) unterlegt. Ob nun Bewufstsein überhaupt da ist, oder, psychophysisch ausgedrückt, die Schwelle des Totalbewufstseins überschritten oder nicht erreicht ist, hängt weder von der Intensität und Schwelle der einen noch andren jener Thätigkeiten allein ab, sondern ist eine zusammengesetzte Funktion beider. Sei nun die willkürliche Aufmerksamkeit in einem Sinnesgebiete tief unter der

Schwelle, während die durch einen Reiz in diesem Gebiete erweckte Empfindung über ihrer Schwelle ist,* mithin jene in diesem Sinnesgebiete mit negativem, diese mit positivem Vorzeichen, bezüglich ihrer respektiven Schwellen, behaftet, so kann trotz dieses positiven Vorzeichens der Empfindung doch das Bewufstsein derselben fehlen, weil es mit dem ganzen Bewufstsein, dessen Moment es ist, unter die Totalschwelle fällt, was sich selbst schematisch darstellen läfst, indem man die Totalschwellenhöhe als Mittel der komponierenden Schwellenhöhen und die Höhe des Totalbewufstseins darüber oder darunter als (algebraische) Summe der komponierenden Bewufstseinshöhen bezüglich ihrer respektiven Schwellen darstellt** (wobei negative von positiven in Abzug kommen). Insofern ist also positiver Wert der Empfindung bezüglich ihrer Schwelle und Bewufstsein der Empfindung nicht solidarisch, indem sie dabei doch negativ gegen die Totalschwelle sein kann, welche für Dasein und Nichtdasein von Bewufstsein überhaupt den Ausschlag gibt. Aber wenn man die Lehre von den psychophysischen Verhältnissen der Empfindung für sich in der Beobachtung verfolgt, kann man es doch nur, während das Totalbewufstsein im betreffenden Empfindungsgebiete über der Schwelle ist, und dann ist positiver und negativer Wert der Empfindung bezüglich ihrer Schwelle allerdings solidarisch mit Bewufstsein und Unbewufstsein eben dieser Empfindung, obwohl nicht solidarisch mit Bewufstsein und Unbewufstsein überhaupt, denn während eine gewisse Empfindung unter der Schwelle ist, kann eine andere über der Schwelle sein, oder eine intensive Aufmerksamkeit sich z. B. auf das Vernehmen eines Schalles richten, der nicht da ist, oder man in tiefem Nachdenken begriffen sein. Das alles ist für mich sehr klar, weil ich mich in diesen Vorstellungskreis hineingelebt habe, ich finde es aber sehr möglich, dafs es für Sie noch ebenso unklar bleibt, als mir Ihr Einwurf geblieben ist, weil ich mich nicht ebenso in Ihren Vorstellungskreis hineingelebt habe. Also wollen wir miteinander aufheben, wenn wir uns nicht weiter in der Sache zu verständigen vermögen.

---

* Beispiele dazu finden sich in meinen *Elementen*. [F.]

** Dies wenigstens die einfachste Repräsentation, woran man denken kann. [F.]

8) Des weiteren argumentieren Sie gegen mich aus folgender Parallele bezüglich des glühenden Platindrahtes.

Der Draht		Die Ganglienzelle
undurchströmt Kälte Dunkelheit	1)	ungereizt keine psychophysische Bewegung keine Empfindung
schwacher Strom Wärme Dunkelheit	2)	schwacher Reiz schwache psychophys. Bewegung keine Empfindung
starker Strom heifs Lichterscheinung	3)	starker Reiz starke psychophysische Bewegung Empfindung.

Sie fassen alles links als Bezeichnungen eines objektiv physikalischen, rechts als Bezeichnungen eines psychischen Zustandes und der zugehörigen psychophysischen Bewegung. Sie sagen: „Das Glühen tritt notwendig ein, wenn eine gewisse Temperatur erreicht ist, die Empfindung, wenn ein gewisser Wert der psychophysischen Bewegung erreicht ist." — Aber ich mufs schlechthin in Abrede stellen, dafs man durch Kälte, Dunkelheit, Hitze, Lichterscheinung überhaupt einen physischen Zustand fundamental bezeichnen könne, es sind damit nur unbestimmt gröfsere oder kleinere Entfernungen diesseits und jenseits des Punktes bezeichnet, wo die physischen Schwingungen des Drahtes, die psychophysische Schwelle der Wärme- und Lichtempfindung zu übersteigen anfangen; sie gehörten also alle vielmehr auf die rechte als linke Seite, wonach selbstverständlich für die linke Seite lauter positive Werte von lebendiger Kraft der Schwingungen übrig bleiben, die von kleineren zu gröfseren Werten ansteigen, ohne dafs irgendwo ein Nullwert derselben zu finden ist, rücklings dessen man negative Werte anzunehmen hätte. Das Glühen, was nichts als ein starkes Übersteigen der Empfindungsschwelle von Licht und Wärme bezeichnet, tritt nicht notwendig ein, wie Sie sagen, wenn eine gewisse Temperatur erreicht ist, sondern wenn, nachdem schon vorher die Schwelle der Wärmeempfindung überschritten war, nun auch die Schwelle der Lichtempfindung überschritten zu werden anfängt, was bei verschiedenen Individuen sehr verschieden ist, und beim Blinden gar nicht eintritt. Eigen übrigens, dafs

Sie gerade ein Beispiel gegen mich wenden, was ich, wie ich glaube, schon in meinen *Elementen*, jedenfalls meinen *Vorträgen* immer sehr passend zur Erläuterung gefunden habe, wie positive Reizwerte erst zu einer gewissen Höhe ansteigen müssen, ehe sie positive Empfindung erwecken, unterhalb

[Hier endigt dieser Brief. P.]

Jena, am 17. Febr. 1874.

Hochgeehrter Herr Professor,

Schon früher würde ich Ihr Schreiben beantwortet haben, wenn ich nicht gehofft hätte durch eine eingehende Auseinandersetzung darzuthun, daſs bei den Versuchen des 1. und 2. Abschnittes Änderungen des Leitungswiderstandes durch die Muskelverkürzung das Ergebnis nicht merklich beeinflussen können. Die Sache ist jedoch komplizierter als sie anfangs zu sein schien, so daſs ich einstweilen nur folgende Punkte hervorheben möchte.

Daſs die ganz isolierte, sich kontrahierende Faser sich nicht merklich krümmt, sondern nur sich verkürzt und verdickt, muſs auf Grund der direkten, an der einzelnen Faser angestellten Beobachtungen von Hensen und Engelmann angenommen werden. Eine in Betracht kommende Verdichtung ist auch meiner Meinung nach gewiſs nicht vorhanden. Ob freilich alle Biegungen des Muskels im Tetanus allein durch gegenseitige Störungen der Fasern, ihre ungleiche Spannung etc. zu stande kommen, bleibt dahingestellt. Möglich ist es. Die myophysische Formel würde in diesem Falle für die isolierte Faser nur unter Zuziehung unbekannter, kompensierender Umstände bestehen können, **wenn** *Ihre Dichtigkeitsformel Anwendung findet. Ich bin aber zu der Überzeugung gelangt, daſs Ihre Formel (welche in der sehr interessanten Form* $q = \frac{\lambda_1 l}{\lambda l_1}$ *für den 3. Abschnitt und die einzelne Faser ohne jede Knickung durchaus zutrifft), auch wenn man von allen Knickungen absieht, auf Abschnitt 1 und 2 nicht anwendbar ist. Es kommt nämlich bei diesen Versuchen garnicht darauf an, wie die Erregung zu stande kommt, sondern darauf, daſs sie hinreichend genau durch p gemessen wird, wie es zuerst Ed. Weber that. Ich folgte ihm hierin, da es nicht bestritten wird, daſs p das Maſs der Muskelkraft (oder der lebendigen Kraft der myophysischen Bewegung)*

ist. Auch hat du Bois-Reymond gezeigt, dafs die negative Schwankung des Muskelstroms, das sichere Zeichen der Erregung, unabhängig ist von der Muskelspannung. Also ist bei meinen Versuchen wirklich die Erregung im verkürzten Muskel gleich der im unverkürzten. Nun ist aber offenbar die tetanisierte, durch p gestreckte Muskelfaser dem Reize gegenüber anders gestellt, als die verkürzte und verdickte. Der Muskel ist durch die Streckung dem Reize gegenüber ein ganz neuer Körper geworden. Er ist ein Muskel geworden, dessen Schwellenerregung gleich ist der Erregung des verkürzten Muskels, die das gemessene h mitführt. Dieser neue Muskel steht auf der Schwelle, indem dasselbe q, welches die Verkürzung bewirkte, jetzt eben keine solche mehr bewirkt: $q = s$. *In dem einen Fall ist der fundamentale Reiz* $\frac{q}{s}$, *in dem anderen* $\frac{q}{q}$. *Es kann also das in beiden Fällen gleich grofse m in seiner Abhängigkeit vom Reize nicht in beiden Fällen durch denselben Ausdruck wiedergegeben werden. Die Intensität der Erregung ist in beiden Fällen gleich, aber die Erregung kommt auf verschiedene Art zu stande. Hierdurch verliert jedoch das myophysische Gesetz nicht im geringsten an Wert, wie aus folgendem hervorgeht. Abschnitt 1 und 2 sollen ausschliefslich die Funktion* $h = f\,(m)$ *ermitteln, einerlei wie die Erregung vom Reize abhängt. Abschnitt 3 soll ausschliefslich die Funktion* $h = \varphi\left(\frac{q}{s}\right)$ *ermitteln mit Überspringung des Zwischengliedes m. Nun hat sich ergeben, dafs sowohl f als auch φ am genausten durch die logarithmische Funktion repräsentiert wird. Hieraus folgt notwendig, dafs für den unbelasteten Muskel die Erregung m dem fundamentalen Reize* $\frac{q}{s}$ *proportional geht. Es folgt aber keineswegs, dafs die Erregung des tetanisierten (äquilibrierten) unverkürzten Muskels in derselben Weise vom Reize abhängt wie die gleich grofse Erregung des verkürzten Muskels. Dies ist vielmehr schon deshalb unmöglich, weil es ebenso auf s wie auf q ankommt, s aber im einen Fall* $< q$, *im anderen* $= q$ *ist. Dementsprechend ist die Schwellenerregung des unbelasteten Muskels sehr klein, die des belasteten sehr grofs, nämlich* $= m$.

Versuche ähnlich den von Ihnen vorgeschlagenen würden allerdings angestellt werden müssen, wenn bezweifelt werden sollte, dafs die Erregung im verkürzten Muskel gleich der im unverkürzten ist. Dies bezweifelt aber, wie gesagt, bis jetzt niemand. Solche Versuche sind übrigens sehr schwierig, wenn man eindeutige Resultate erzielen will.

Selbst ganz grobe Bestimmungen des Leitungswiderstandes der Muskeln, wie sie Ranke und Hermann ausführten, sind mifslich. Die Ergebnisse widersprechen sich. Auch bei Wechselströmen spielt die innere Polarisation im Muskel eine wichtige Rolle (Hermann) und kann ebensowenig wie die sehr erhebliche elektromotorische Wirkung des Muskels selbst ohne höchst komplizierte Vorrichtungen genügend beherrscht werden. Der Leitungswiderstand verändert sich durch die Erregung, die Ermüdung und die Durchströmung, während und nach derselben.

Die Diskussion der Gültigkeitsgrenzen der auf Erscheinungen angewandten Funktionsformeln naht sich dem Abschlufs. Ich möchte nur noch folgendes bemerken. Meine Ansicht von der Naturgesetzlichkeit überhaupt ist mir hierbei nicht bestimmend gewesen. Ich habe auch keine Ansicht aussprechen, sondern nur beiläufig die Frage aufwerfen wollen, ob die Naturgesetzlichkeit notwendig eine allgemeine sei. Ich bin darüber, wie Helmholtz („Erhaltung der Kraft". Berlin, 1847, S. 3 oben; „Physiologische Optik", § 26 und mündlich), zweifelhaft, habe aber in vorliegender Frage ausdrücklich ganz hiervon abgesehen, weil der Experimentator die allgemeine Gesetzlichkeit postulieren mufs. In Bezug auf das hier in Betracht kommende, bekannte und bekenne ich mich zu Ihrer Auffassung, dafs nicht alle Komplikationen überall vorhanden sind, was durchaus nicht jeder zugiebt [omnia ubique], *wenn ich Sie recht verstehe. Die Differenz, welche bleibt, ist eine rein formale. Denn Sie nennen die Formeln mangelhaft, wenn sie über gewisse Grenzen hinaus unmögliche Werte geben, ich kann diese Bezeichnung nicht annehmen, weil dann alle auf Erscheinungen angewandte Formeln ohne Ausnahme mangelhaft genannt werden müfsten. Keine umfafst alle für sie in Betracht kommenden Komplikationen vollständg. Sie zitieren das Fallgesetz. Wenn nun das Meteor in der Atmosphäre sich zu Gas verflüchtigt? Das Gesetz giebt unmögliche Werte für diesen Fall, denn der fallende Körper ist als solcher nicht mehr da. Das Muskelgesetz gilt ausdrücklich nur für Muskeln, die sich bei Reizänderungen zusammenziehen; der* ad maximum *kontrahierte Muskel thut dies nicht. Soll deshalb das Gesetz mangelhaft sein, weil für diesen Fall die Formel unmögliche Werte giebt, so müfste auch das Fallgesetz mangelhaft sein, weil es zwar für den Meteorstein im Weltraum richtige, für den in Gas verwandelten in der Atmosphäre unmögliche Werte giebt. Doch wird niemand deshalb das Fallgesetz*

ungenau nennen. Ebenso das Elasticitätsgesetz. Bei einem gewissen Gewicht zerreifsen die gedehnten Körper. Das Gesetz giebt unmögliche Werte.

Es wäre mir sehr erwünscht, wenn Sie mir mitteilen wollten, ob vorstehende Konsequenz Ihrer Bezeichnungsweise in Ihrem Sinne ist, Sie also auch z. B. das Elasticitätsgesetz mangelhaft nennen. In diesem Falle wäre der Punkt erledigt.

In betreff der negativen Empfindungen erlauben Sie mir zunächst eine Vorbemerkung. Sie hatten zugegeben, dafs der Gebrauch, den Sie von den Zeichen + und — bei dem Beispiel der Reibung machten, der gewöhnliche mathematische nicht sei. Ich verallgemeinerte diese Konzession, indem ich sie auch teilweise auf die Psychophysik ausdehnte [zu deren Erläuterung Sie jenes Beispiel herbeizogen], was nicht in Ihrem Sinne war, wie ich nun sehe. Da Sie jenes Beispiel zunächst fallen lassen und ausdrücklich erklären, dafs Sie den mathematischen Sinn des + und — in der Psychophysik nirgends verlassen, so berichtige ich die Behauptung meines letzten Schreibens dahin, dafs der Diskussion über negative Empfindungen durch eine Konzession Ihrerseits die Spitze durchaus nicht abgebrochen ist.

Meinen Einwand gegen die negativen Empfindungen in Ihrem Sinne, dafs nämlich die positiven Empfindungen nicht ebenso Graden des Bewufstseins entsprechen, wie die negativen Graden des Unbewufstseins entsprechen, fanden Sie leider unverständlich. Sie entwerfen mir hingegen eine Skizze Ihrer Auffassung des Bewufstseins, welche mir äufserst plausibel erscheint, sofern Sie das Bewufstsein durchaus in meinem Sinne als ein Summationsphänomen fassen. Aber Ihre Darlegung trifft meinen Einwand nicht. Ich hatte nämlich nur ein empfindendes Element im Auge, eine Elementarempfindung. Man kann ja die Aufmerksamkeit konstant, z. B. maximal nehmen. Wenn in der Nähe eines Schlafenden ein reiner Ton ganz schwach angegeben wird, dann mit immer wachsender Intensität, so nimmt die psychophysische Bewegung zu, die Tiefe des Unbewufstseins ab, die negativen Empfindungen durchlaufen alle Werte von — ∞ bis 0. Da plötzlich erwacht der Schlafende. Das Bewufstsein ist da. Die Aufmerksamkeit werde jetzt dauernd auf das höchste gespannt, so steigt das Bewufstsein in keiner Weise mehr, wenn nun die Intensität des Tons und damit die der Empfindung wächst. Es findet nicht mehr Zunahme des Bewufstseins statt, wie vorhin Abnahme des Unbewufstseins. Das ist die

Inkongruenz, die ich noch nicht beseitigt sehe. Da Sie jedoch die Fortsetzung der Diskussion dieses Punktes nicht förderlich finden, so trete ich Ihrem Vorschlage bei, dieselbe fallen zu lassen. Sie würde wohl die Grenzen brieflicher Darlegungen ungebührlich übersteigen. Vielleicht antworten Sie aber noch einmal.

In betreff des Beispiels vom glühenden Platindraht bin ich nicht sicher, Ihre Ansicht vollständig zu haben, da Ihr Schreiben, dem der Schlufs fehlt, hierbei mitten in einem Satze abbricht. Das letzte Blatt ist wahrscheinlich aus Versehen bei Ihnen zurückgeblieben. Da Sie das Beispiel im ganzen in meinem Sinne (alles objektiv genommen) nicht gelten lassen, so möchte ich Sie bitten mir irgend ein Beispiel anzuführen, welches durch in der Natur vor sich gehende Bewegungsprozesse Ihre Auffassung erläutert oder rechtfertigt. Das Beispiel vom Vermögen ist nicht analog, weil das dem Reiz entsprechende fehlt. Nehme ich ein Wasserrad, welches in ruhendes Wasser eingetaucht ist, so ist die Parallele:

Wassergeschwindigkeit null *Molekularbewegung im Rade null* *Raddrehung null*	*I.*	*Reiz null* *psychophysische Bewegung null* *Empfindung null*
Wassergeschwindigkeit sehr klein *Molekularbewegung im Rade klein* *Raddrehung null*	*II.*	*Reiz schwach* *psychophysische Bewegung schwach* *Empfindung null*
Wassergeschwindigkeit grofs *Molekularbewegung* im Rade grofs* *Raddrehung vorhanden*	*III.*	*Reiz stark* *psychophysische Bewegung stark*** *Empfindung.*

Bei II ist noch keine Drehung des Rades vorhanden, wohl aber Molekularbewegung, noch keine Empfindung, wohl aber psychophysische Bewegung. Wird hier die nicht vorhandene Empfindung negativ genannt, so müfste auch die noch nicht vorhandene Raddrehung negativ genannt werden, was nicht angeht. Ich suche vergebens nach einem Grunde, der die Parallele unstatthaft erscheinen liefse, und vergebens nach einer zutreffenden Parallele, bei der die Bezeichnung negativ so gebraucht werden könnte, wie Sie sie in Verbindung mit Empfindungen und Reizen gebrauchen. Aber ich möchte auch hierin Sie nicht veranlassen, wenn Sie eine Verständigung nicht für wahrscheinlich halten, mir mehr zu schreiben, als Sie, ohne dafs es Ihnen lästig wird, mögen. Ich halte eine Verständigung für möglich. —

* *Wird Massenbewegung.*
** *Vielleicht Kontraktion der Ganglienzelle.* [P. 1874]

Haben Sie Plateaus sonderbare gegen Ihre psychophysische Maſsformel gerichtete Abhandlung im vorletzten Hefte von „Poggendorffs Annalen“ (1873, No. 11) gelesen?

Darf ich Sie schlieſslich bitten uns dann und wann eine Besprechung einer psychophysischen Schrift (etwa der Delboeufschen oder Plateauschen) für unsere Literaturzeitung zu schicken? Dieselbe erfreut sich bereits einer groſsen Verbreitung. Jede Anzeige trägt den Namen ihres Verfassers. Das Blatt ist streng wissenschaftlich. Ich würde schon längst Sie gebeten haben, uns durch Ihre Mitarbeiterschaft zu erfreuen und zu ehren, wenn ich nicht früher hätte glauben müssen, daſs Ihr Augenleiden, welches nun glücklich gehoben ist, Ihnen das Schreiben allzusehr erschwerte. — Einer Zustimmung in der letztberührten Angelegenheit entgegensehend, verbleibe ich in vorzüglicher Hochachtung

Ihr

Preyer.

Leipzig, d. Febr. 74.
[Poststempel: 25. Febr.]

Hochgeehrter Herr Professor,

Ich kann mich doch nicht überzeugen, daſs die Dichtigkeitsformeln auf Ihre Versuche unanwendbar sind. Unstreitig ist es bei dem durch p gestreckten unverkürzten Muskel gleichgültig, wie die Erregung zu stande kommt; sie wird eben durch p gemessen, aber es kann doch nicht gleichgültig sein, ob sie im verkürzten Muskel ohne p noch dieselbe oder nicht dieselbe bleibt, und wenn der Leitungswiderstand und die Stromdichtigkeit sich bei Verkürzung des Muskels ändern, so kann die Erregung im verkürzten Muskel nicht mehr dieselbe als im unverkürzten bleiben, auſser unter besonderen Voraussetzungen, die nach den Formeln selbst zu diskutieren wären. Fraglich dann nur, ob sich auch beide Elemente mit der Verkürzung des Muskels wirklich erheblich ändern, was doch nach der Sachlage vorausgesetzt werden muſs, wenn nicht besondere Verhältnisse statuiert werden, die wieder mit Rücksicht auf die Formeln zu diskutieren wären. Haben Andere bei entsprechenden Versuchen die Gleichheit der Erregung im ver-

kürzten und unverkürzten Muskel ohne weiteres angenommen und bezweifelt überhaupt niemand diese Gleichheit, ohne die mir nötig scheinende Erörterung darüber angestellt zu haben, so kann ich doch nicht umhin, sie in Frage zu stellen, und eine Erörterung darüber wirklich nötig zu finden, wenn möglich unter Zuziehung von Experimenten, deren Schwierigkeiten sich mindestens zum Teil dadurch heben dürften, daſs es sich ja nicht notwendig um ein vergleichbares Maſs des Leitungswiderstandes in der Kette bei verkürztem und unverkürztem Zustande des Muskels handelt, sondern vor allem nur um die Konstatierung, ob und in welcher Richtung eine Änderung des Leitungswiderstandes beim Übergange aus dem einen in den andern Zustand überhaupt stattfindet. Jedoch ich verzichte um so lieber darauf, in die experimentale Seite Ihrer Untersuchung ferner mit solchen Anmerkungen eingreifen zu wollen, als Ihnen etwa daraus zu entnehmende Einwürfe nach dem, was bisher angenommen ist, von anderer Seite nicht begegnen werden, und Sie doch besser als ich müssen beurteilen können, was von experimentaler Seite zur Sicherstellung Ihrer Resultate wesentlich ist.

In unserer Diskussion über die Beurteilung der Gültigkeitsgrenzen Ihrer Formeln schieſsen wir, wie es scheint, wieder bei einander vorbei, ohne uns recht zu treffen. Ich nenne Gesetze und darauf gegründete Formeln mangelhaft, wenn sie für die einfachen Voraussetzungen, für die sie gelten sollen, nicht zutreffende oder gar unmögliche Werte geben, also abgesehen von zutretenden Komplikationen oder bei Wegdenken derselben solche geben. Sie sagen: dann sind alle Naturgesetze und darauf gegründete Formeln mangelhaft; denn selbst das für den leeren Raum gelten sollende Gravitationsgesetz giebt Werte, die bei Zutritt der Komplikationen, welche den Eintritt eines fallenden Körpers in die Atmosphäre mitführt, ganz unzutreffend werden, und nirgends wird es von gewissen Punkten an am Zutritt solcher Komplikationen fehlen. Wohl, aber das Gravitationsgesetz giebt doch beim Wegdenken aller zutretenden Komplikationen keine fehlerhaften oder gar unmöglichen Werte, wie Ihre Formeln, oder gäbe es solche — und unstreitig giebt es doch von einem gewissen Punkte an solche, weil es nicht mehr bei unendlich kleinen Entfernungen zutrifft, — so bewiese es sich damit aber auch nur als ein Approxi-

mationsgesetz, wofür es wohl jetzt förmlich allgemein gehalten wird. Das ist immerhin ein Mangel desselben, aber ein auf gröfste Weiten unmerklicher Mangel; und reichten Ihre Formeln verhältnismäfsig ebensoweit, so könnte es niemand einfallen, sie zu bemängeln. Sie fragen schliefslich, ob ich auch das Elastizitätsgesetz mangelhaft nenne, da es doch über die Elastizitätsgrenze hinaus garnicht mehr zutrifft. Ganz gewifs nenne ich es so, indem ich voraussetze, dafs es, weil es über die Elastizitätsgrenzen hinaus nicht mehr zutrifft, auch innerhalb derselben nicht vollständig zutrifft, um so approximativer nur, je kleiner Dehnung und Streckung sind. Oder sollten Sie wirklich meinen, dafs es bis zu einem gewissen Grade derselben genau zutrifft, und von da an plötzlich ungenau wird? darin würden Sie doch wohl kaum einen Physiker auf Ihrer Seite haben. Nun aber bleibt das Elastizitätsgesetz trotzdem, dafs seine Mangelhaftigkeit beim Überschreiten gewisser Grenzen spürbar wird, innerhalb solcher sehr schätzbar, und aus demselben Gesichtspunkte möchte ich auch Ihre myophysischen Gesetze betrachten.

In betreff der negativen Empfindungswerte bemerken Sie, dafs ich selbst zur Erläuterung derselben das Beispiel negativer Geschwindigkeitswerte bei der Reibung herangezogen. In dieser Beziehung täuscht Sie unstreitig die Erinnerung. Nicht zur Erläuterung negativer Empfindungswerte in der Psychophysik, wozu ich das Beispiel für untauglich halte, weil es Schwierigkeiten darbietet, sondern zur möglichen Erläuterung der negativen Hebungswerte in der Myophysik habe ich das Beispiel der Reibung herangezogen, indem ich allerdings meinte, dafs sich all das wohl unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt fassen liefse, es auch jetzt noch meine, nur in anderer Weise, als woran ich früher dachte, — wie ich denn von Anfang hierin mich keiner Klarheit in dieser Beziehung rühmte. Die Schwierigkeit, negative Geschwindigkeitswerte bei der Reibung und negative Hebungswerte bei Ihren Versuchen als imaginäre zu fassen, liegt nämlich darin, dafs die Deutung der erstern als Geschwindigkeiten von entgegengesetzter Richtung und der letztern als Verlängerungen des Muskels näher liegt, eine Schwierigkeit, die bei negativen Empfindungswerten wegfällt. Denn unter Null der Empfindung oder jenseits derselben giebt es eben nichts, was durch negative Werte derselben bedeutet werden könnte, als imaginäre Werte

derselben, gerade wie beim *Radius vector* der Polarkoordinaten, daher ich nur auf diesen, nicht auf die Reibung zur Erläuterung der negativen Empfindungswerte in den Elementen der Psychophysik und andeutungsweise in meinem Schreiben Bezug genommen. Das Beispiel mit der Raddrehung, was Sie heranziehen, tritt aber mit dem der Reibung ganz unter denselben Gesichtspunkt, und kann ich daher die Parallele mit der Empfindung, auf der Sie fufsen, nicht als zutreffend zugestehen. Bei der Raddrehung würde man (entsprechend als bei der Reibung, anders als bei der Empfindung) negative Drehungswerte als solche von entgegengesetzter Richtung fassen können.

Inzwischen glaube ich, dafs sich allerdings in allen diesen Fällen eine Parallele mit der Empfindung herstellen läfst, wenn man dabei nur nicht auf negative Geschwindigkeitswerte rekurriert, wie ich meinte zu können. Gehen wir auf das Beispiel der Reibung zurück, denken uns einen Körper durch irgend eine Kraft auf einer Ebene fortgeschoben und stellen eine Untersuchung an, bei welchem Werte der schiebenden Kraft ein Teilchen a des Körpers das zunächst vor ihm liegende b der Ebene (atomistisch in kleiner Entfernung davon gedacht) nicht zu erreichen und zu überschreiten vermag, so werden wir dem Sinne der Aufgabe gemäfs die Entfernungen des Teilchens a von b als negativ oder positiv bezüglich b (als Schwellenwert) zu betrachten haben, je nachdem b nicht erreicht oder überschritten ist, und sollte sich nach Ausdruck durch eine Formel zeigen, dafs bei nicht sehr starken Kraftwerten b gar nicht erreicht werden kann, mithin der Abstand von a bezüglich b negativ bleibt, so hiefse das, das Überschreiten von b hat einen negativen Wert, es kann zu einem wirklichen Gleiten von a über b hinaus nicht kommen, sondern blofs zu einer Annäherung an diesen Punkt. So könnten vielleicht auch bei den myophysischen Versuchen, möchte die Frage auf das Zustandekommen von Hebung oder Dehnung eines Muskels gerichtet sein, negative Werte der Hebung oder Dehnung nur bedeuten, dafs die Kraft zu gering war, um irgend ein Teilchen nach Längen- oder Querrichtung des Muskels über das andere hinauszuschieben und dadurch eine Hebung oder Dehnung merklich werden zu lassen. Doch auch das mag dahingestellt bleiben.

Das in Ihrem früheren Briefe vom glühenden Platindraht entnommene Beispiel ist wesentlich anderer Art als das bezüglich des Wasserrades.

Es thut mir leid, daſs das letzte Blatt meines vorigen Briefes, worin ich jenes Beispiel besprach, ich weiſs nicht wo, abhanden gekommen ist, und ich bitte um Entschuldigung, wenn mein Brief deshalb ohne Schluſs geblieben ist. Auf das Beispiel selbst kann ich ja aber zurückkommen.

Sie argumentieren gegen meine Auffassung negativer Werte aus folgender Parallele:

	Der Draht	Die Ganglienzelle
1)	undurchströmt Kälte Dunkelheit	ungereizt keine psychophysische Bewegung keine Empfindung
2)	schwacher Strom Wärme Dunkelheit	schwacher Reiz schwache psychophys. Bewegung keine Empfindung
3)	starker Strom heiſs Lichterscheinung	starker Reiz starke psychophysische Bewegung Empfindung.

Sie sagen, daſs in dieser Parallele alles objektiv zu nehmen, daſs das Glühen ebenso notwendig eintritt, wenn ein gewisser Temperaturgrad erreicht ist, als die Empfindung, wenn ein gewisser Wert der psychophysischen Bewegung erreicht ist. Aber ich muſs schlechthin in Abrede stellen, und stelle damit zugleich alle Konsequenzen, die Sie aus der Parallele gegen mich ziehen, in Abrede, daſs man mit den Ausdrücken Kälte, Wärme, Hitze, Dunkelheit, Lichterscheinung physische Zustände fundamental und objektiv bezeichnen kann, es sind vielmehr Ausdrücke, welche die gröſsere oder geringere Entfernung des physischen Zustandes des Drahtes von dem Punkte oder über den Punkt hinaus, wo er eine gewisse Empfindung zu erwecken anfängt, unbestimmt bezeichnen; das Glühen das Drahtes tritt *nicht* bei einem festen Temperaturgrade des Drahtes ein, sondern wenn die Temperatur, nachdem sie schon vorher die Schwelle der Wärmeempfindung überschritten, nun auch die Schwelle der Lichtempfindung (ihrer Erregung nämlich) zu überschreiten anfängt, d. i. bei verschiedenen Temperaturgraden je nach der verschiedenen Empfindlichkeit der Indivi-

duen, und tritt für den Blinden garnicht ein. Also sind alle jene Ausdrücke von der linken Seite auf die rechte Seite zu übertragen, wonach für die linke zur objektiven Bezeichnung des physischen Wärmezustandes nur gröfsere oder geringere, aber überall positive Werte von lebendiger Kraft der Wärmeschwingungen übrig bleiben; nirgends ein Nullwert, rücklings dessen man von negativen Werten der Wärme sprechen kann, indes man allerdings von negativen Empfindungswerten sprechen kann, die rücklings bestimmter physischer Wärmezustände unter Voraussetzung bestimmter Empfindlichkeit eintreten.

Unsere Differenz über Bewufstsein anlangend, so glaube ich jetzt einzusehen, obwohl ich darüber nicht sicher bin, dafs sie blofs auf einer verschiedenen Weite, in der wir den Begriff des Bewufstseins fassen, ruht. Ich sage: kein Bewufstsein ist da, wenn weder sinnliche Empfindung noch ein höheres Bewufstseinsphänomen da ist, wie im traumlosen Schlafe, rechne aber in meiner weiteren Fassung des Begriffes die sinnliche Empfindung selbst als eine Bestimmung oder ein Moment des Bewufstseins, was Sie nicht thun, denn nach Ihnen steigt das Bewufstsein in keiner Weise, wenn bei höchst gespannter Aufmerksamkeit eine Empfindung hinzutritt, nach mir steigt es um die ganze Intensität der Empfindung, wobei ich aber den niedren Bewufstseinsakt der Empfindung und den höheren der Aufmerksamkeit unterscheide. Das wäre doch ein reiner Streit der Definitionen, der sich bei der Unbestimmtheit im allgemeinen Gebrauche des Begriffes Bewufstsein nicht rein ausfechten, sondern nur von jedem durch seine eigene Erklärung für seine besonderen Zwecke entscheiden läfst.

Noch habe ich Ihnen für das Zutrauen zu danken, was Sie mir durch die Einladung beweisen, mich an der Mitarbeit an der Jenaschen Literatur-Zeitung zu beteiligen, die ich aber doch ablehnen mufs, indem dieselben Gründe, die mich bestimmt haben, meine frühere Mitarbeit am Lit. Centralblatt aufzugeben, und wovon der (immer noch) prekäre Zustand meiner Augen nur einer ist, auch eine Wiederaufnahme derselben an einem andern Unternehmen im Wege stehen. Nun könnte ich allerdings mit Delboeufs Schrift eine Ausnahme machen. Diese Schrift enthält sehr interessante und schätzbare Versuche, die er nur ganz unstatthaft gegen mich geltend macht, da sie freilich zu der einfachen Formel nicht allgemein stimmen, die

ich selbst nur als in mittlern Grenzen des Augengebrauches als sehr approximativ giltig erklärt habe, — welche Gültigkeit er pag. 46 ausdrücklich als durch seine eignen Versuche bewiesen zugesteht, — wogegen sie vortrefflich zu der allgemeinern Formel stimmen, die ich für Deckung der untern Abweichung von der Giltigkeit des WEBERschen Gesetzes pag. 195 des zweiten Teiles meiner *Elemente* aufgestellt, und sie werden in dieser Hinsicht von mir mit Vergnügen acceptiert. DELBOEUF selbst stellt freilich eine etwas andre Formel zur Repräsentation zugleich dieser Versuche und seiner theoretischen Ansichten auf;* aber seine Versuche sind nicht geeignet, zwischen unsern Formeln zu entscheiden, da die Verschiedenheit derselben sich bei seinen Versuchen eliminiert. Ich ziehe meine Formel sowohl aus theoretischen Gründen vor, weil ich gegen die theoretische Begründung der seinigen viel einzuwenden finde, als aus empirischen, weil die seinige weder einen Schwellenwert des Reizes bestehen läfst, — wenn der Reiz null ist, so ist nach seiner (wie nach PLATEAUS) Formel die Empfindung null, — noch vom Dasein einer Empfindung ohne äufsern Reiz, wie es die Empfindung des Augenschwarz und subjektiver Nachbilder ist, Rechenschaft giebt, da er den äufsern Reiz prinzipiell für wesentlich zur Entstehung der Empfindung hält, und nur nach pag. 30 unter Zuhülfenahme einer sonderbaren Vorstellungsweise eine abnorme innere Vertretung des äufseren Reizes zuläfst, welche auf jene Phänomene nicht wohl anwendbar ist. In der, zum Vergleich von Beobachtung und Rechnung bestimmten Tabelle pag. 54 stecken die nach seiner Formel (pag. 58) berechneten Werte voll (meist zwar nur kleiner) Fehler aus Rechnungsversehen, welche Fehler in die Tabellen pag. 60, 62, 65 unverändert mit übergegangen sind, und durchaus eine Revision der berechneten Werte fordern, die glücklicherweise die Resultate nicht wesentlich ändert. Über alles dies und andres, was damit zusammenhängt, mit Rücksicht auf PLATEAU und Andre, spreche ich aber lieber in einer Abhandlung als Recension, welche auf Kürze ohne Belege angewiesen ist, da ich doch wohl nicht werde umhin können, in die Verhandlung über psychophysische Grundfragen wieder

---

* Von der meinigen scheint er, ebenso wie PLATEAU gar keine Notiz zu haben, oder nimmt wenigstens keine davon. [F.]

mit einzutreten. Mich mit Ihnen über dergleichen oder andres zu unterhalten, insoweit ich fähig bin, in eine Unterhaltung darüber einzugehen, wird mir immer Vergnügen machen.

Da mir die Jenasche Literatur-Zeitung nicht regelmäfsig zukommt, so wird es mir lieb sein, wenn Sie mir nach dem Erscheinen der SNELLschen Anzeige meines Schriftchens darin die betreffende Nummer bezeichnen wollten.

Mit hochachtungsvollem Grufse

der Ihrige

Prof. FECHNER.

Jena, am 7. März 74.

Hochgeehrter Herr Professor,

Ich freue mich aufrichtig, dafs durch die letzten gegenseitigen Auseinandersetzungen in Bezug auf die Hauptpunkte eine vollkommene Verständigung und zum Teil Einigung erzielt ist. Sie haben mit so grofser Nachsicht meine hier und da vielleicht zu entschiedenen Äufserungen aufgenommen, dafs ich im Vertrauen auf Ihre Geduld mir wohl noch einige Bemerkungen gestatten darf.

Darin stimme ich Ihnen unbedingt bei, dafs die Messung der Erregung durch p im Hinblick auf Ihre Formeln der Erörterung bedarf, und ich bitte Sie mir gütigst die Beilage [S. 21], in welcher Sie die Dichtigkeitsformeln entwickelten, noch einmal zustellen zu wollen. Vielleicht finde ich doch, dafs sie auf Abschnitt I und II auch für die isolierte Faser unanwendbar sind in der jetzigen Form, sei es mit, sei es ohne Anstellung von Widerstand messenden Experimenten. Inzwischen haben meine myophysischen Untersuchungen von ganz anderer Seite einen Angriff erfahren. Der (mir persönlich gänzlich unbekannte) Assistent am Züricher physiologischen Institut, Namens B. Luchsinger, hat in „Pflügers Archiv der Physiologie" (Bonn, 1874, VIII. Bd., S. 538 bis 550) einen Artikel gegen das myophysische Gesetz veröffentlicht. Ich finde jedoch nur drei Einwürfe erwähnenswert (alles Übrige ist ohne Belang) und habe sie in der Beilage widerlegt. Ich bitte Sie mir dieselbe gelegentlich zurückzuschicken und würde Ihnen dankbar sein, wenn Sie etwaige Bedenken gleich hineinschreiben wollten. Ich finde, dafs durch diese Widerlegung das myophysische Gesetz nun noch fester begründet worden ist.

Die Diskussion der Gültigkeitsgrenzen naturgesetzlicher Formeln hätte wohl schon früher ihr Ende gefunden, wenn ich nicht hätte glauben müssen, dafs Sie unter „mangelhaft“ (= falsch) etwas anderes verständen als unter „nur angenähert richtig“. Ich sehe, dafs dies nicht der Fall ist, und kann nunmehr mit Ihnen z. B. auch das Elasticitätsgesetz mangelhaft nennen, von dem ich natürlich nie glaubte, dafs es für irgend ein Intervall absolut genau richtig sei. Es ist aber auch nicht ganz und gar falsch.

Das Reibungsbeispiel hatten Sie allerdings nicht, wie ich in meinem letzten Briefe meinte, unmittelbar zur Erläuterung psychophysischer Verhältnisse benutzt, sondern zur Erläuterung der Möglichkeit der Annahme negativer Muskelverkürzungen. Mir war dabei, wie jetzt auch Ihnen, vom Anfang an das Anstöfsige die eigentümliche Verwertung der negativen Geschwindigkeitswerte. Die neue Weise, wie Sie nunmehr, von negativen Geschwindigkeiten ganz absehend, die Sache erläutern, scheint mir in der That nicht blofs zulässig, sondern wohl wert weiter verfolgt zu werden. Aber dies ist sehr subtil und ich habe noch nicht genug darüber nachgedacht. Dies eine jedoch scheint mir bei der Vergleichung der Muskelthätigkeit mit der Empfindung im Gegensatz zu Ihrer Auffassung sehr wesentlich: Es steht durchaus nicht fest, dafs es unterhalb der Empfindung 0 nichts reales durch negative Werte derselben Ausdrückbares gebe. Man kann sich die Möglichkeit denken, dafs die Ganglienzelle (ihr Protoplasma) bei der Empfindung sich zusammenzieht und unterhalb der Empfindung Null sich ausdehnt. Der Muskel giebt bei der Zusammenziehung immer Wärme, so könnte die Ganglienzelle bei der Zusammenziehung Empfindung, statt Wärme, geben. Nun ist nicht einzusehen, weshalb die Ganglienzelle, während die psychophysische Bewegung mit dem Reize von Null an zunimmt, nicht sich immer mehr zusammenziehen sollte, denn wir wissen nicht, ob die Ganglienzelle eine Reizschwelle hat, sondern nur, dafs die Empfindung eine Schwelle hat. Wir können auch annehmen, dafs die Ganglienzelle stets, auch im tiefsten Schlafe, im tiefsten Unbewufstsein, welches im Leben vorkommt, in einem gewissen (subliminalen) Kontraktionszustande sich befindet, da innere Reize stets da sind. Da diese ganze Betrachtungsweise auf der Hypothese beruht, dafs die Ganglienzelle kontraktil sei, so will ich keinen grofsen Wert darauf legen. Ich habe nur die Möglichkeit zeigen wollen, dafs negativen Empfindungswerten etwas Reales entsprechen

könnte. Man mufs dabei bedenken, dafs die Ganglienzellen bei normaler Sinnesthätigkeit nur durch ihre zuführenden Nerven erregt werden, und es ist sehr wohl annehmbar, dafs eine unendlich kleine Nervenerregung eine unendlich kleine Ganglienzellenerregung mitführe, dafs also die Ganglienzelle keine Schwelle hat, sondern nur die Empfindung. Ich sage keineswegs, dafs es so ist, aber es scheint mir vor der Hand wenigstens möglich.

Meinen aus dem Verhältnis des Bewufstseins zum Unbewufstsein hergenommenen Einwand haben Sie mit einem Schlage nunmehr gehoben. Es ist ganz richtig, dafs die Meinungsdifferenz nur herrührt von zwei verschiedenen Definitionen des Bewufstseins. Wenn auch die Ihrige, schon als die umfangreichere, in vieler Beziehung den Vorzug verdient, so ist doch meine Auffassung, die gleichfalls vollkommen den Thatsachen sich anpafst, durch ihre Einfachheit in mancher Hinsicht empfehlenswert.

So bleibt denn von den bisherigen Differenzen nur noch die das Beispiel des glühenden Drahtes betreffende bestehen. Sie anerkennen die mehrfach besprochene Parallele nicht, weil die Ausdrücke Kälte, Hitze, Dunkelheit, Lichterscheinung nicht physische Zustände objektiv bezeichnen. Gewifs. Der der Parallele zu Grunde liegende Gedanke bleibt aber derselbe, wenn ich andere Ausdrücke wähle. Befinde sich in einem lichtleeren Raum der Draht und eine empfindliche photographische Platte, so steigt mit der Intensität des durch den Draht gehenden galvanischen Stromes die Wärme von Null an. Bei einem gewissen Werte der Stromstärke ist die lebendige Kraft der Wärmeschwingungen so grofs geworden, dafs eine bleibende Veränderung der Platte eintritt; steigt die Temperatur des Drahtes noch mehr (indem die Stromstärke wächst), so nimmt die chemische Zersetzung auf der Platte auch zu und der leuchtende Draht wird abgebildet.

Hier scheint mir der Parallelismus vollkommen.

{ Von Null an wachsende Reizstärke
{ giebt „ „ „ „ psychophysische Bewegung.

{ Von Null an wachsende Stromstärke
{ giebt „ „ „ „ Wärmeschwingungen.

Bei einer gewissen Reizstärke und einer gewissen Gröfse der psychophysischen Bewegung beginnt Empfindung.

Bei einer gewissen Stromstärke und einer gewissen Gröfse der Wärmeschwingungen beginnt die chemische Zersetzung.

Nun kann man doch nicht wohl die Abwesenheit der chemischen Zersetzung unterhalb jenes Punktes eine negative chemische Zersetzung nennen. Wenigstens würde dann die Bezeichnung negativ nicht im sonst üblichen Sinne gebraucht sein. Denn auch die dunkeln Strahlen werden eine, wenn auch verschwindende chemische Wirkung ausüben, die Schwelle der photographischen Platte wird durch das Auftreten der ersten bleibenden Veränderung bestimmt sein, ähnlich, könnte man sagen, wie die Empfindungsschwelle durch das Auftreten der kleinsten bewufsten Empfindung. Oder sollte bei dieser Modifikation der Parallele sich ein Fehler eingeschlichen haben?

Gestatten Sie mir schliefslich auf die „Literaturzeitung" zurückzukommen. Ein einmaliger Beitrag (oder ein Beitrag dann und wann ganz nach Ihrem Belieben) verpflichtet keineswegs zur regelmäfsigen Mitarbeiterschaft. Wir haben eine grofse Zahl gelegentlicher Mitarbeiter in ganz Deutschland zerstreut (auch einige mit kurzen Besprechungen, z. B. Brücke in Wien). Wenn Sie mir nur das, was Sie mir über Delboeuf und Plateau schrieben, schicken wollten, dafs also die Versuche interessant sind, nicht, wie die Verfasser meinen, gegen Ihre Formel sprechen, Delboeuf sich Rechenfehler hat zu schulden kommen lassen, dafs Sie aber anderswo näher darauf eingehen werden in einer besonderen Abhandlung, so würde eine solche Anzeige Ihnen, uns, der Sache nur förderlich sein. Das wissenschaftliche Publikum würde dann auf Untersuchungen vom höchsten Interesse aufmerksam, von denen es sonst erst viel später, zum Teil garnicht in Kenntnis gesetzt werden würde. Ich darf daher hoffen, dafs Sie dieses eine Mal, wie Sie es ja auch selbst andeuten, eine Ausnahme machen könnten.

Die Nummer, in welcher Ihre „Ideen" besprochen werden, sende ich Ihnen, sowie sie erschienen sein wird, und bleibe in

Verehrung

Ihr

Preyer.

Beilage.

I.

I. Es wird behauptet, dafs bei den Versuchen des dritten Abschnitts die Reizstärke q nicht, wie es beabsichtigt wurde, variiert worden, sondern in jeder Reihe nahezu oder ganz konstant geblieben sei, weil die eingeschalteten Rheochordwiderstände (von 1000 bis 20000 Einheiten) viel zu grofs im Verhältnis zum Widerstande der primären Rolle des Schlittenapparats gewesen seien. Ist i die Stromstärke der primären Rolle, ε die elektromotorische Kraft, w_1 der Widerstand der primären Rolle, w_2 der des Rheochords, W der Widerstand der Kette, so ist

$$i = \frac{\varepsilon w_2}{W(w_1 + w_2) + w_1 w_2}$$

und da w_1 nur etwa 100 bis 200 Einheiten des Rheochords betrage, so müsse i sich von einem gewissen niedrigen Werte an schnell einem Grenzwerte $\frac{\varepsilon}{W}$ nähern, wie sehr auch w_2 variiere. Folglich beweisen die Versuche nichts über die Beziehung von h zu q.

Hierauf ist zu entgegnen:

A. Bei vielen Versuchen (z. B. Reihe 32, 33, 39, 40) wurde die Intensitätsänderung des induzierenden Stromes ohne Anwendung des Rheochords bewerkstelligt, indem entweder die Zinkplatten der Elemente verschieden tief in die Schwefelsäure getaucht wurden (*Myoph. Ges.* S. 69) oder *gradatim* immer Schwefel- und Salpetersäure in die Zellen hineingegossen wurden. Diese Methode gestattet nicht nur Variierung innerhalb sehr weiter Grenzen, sondern auch sehr feine Abstufung und ist zu physiologischen Zwecken sehr zu empfehlen. Ich habe mich durch besondere Versuche überzeugt (mittelst der Bussole), dafs durch diese Art den Widerstand des primären Kreises zu ändern die Intensität i und damit die Induktionswirkung (am Muskel, durch den Geschmack und die subjektiven Lichterscheinungen nachzuweisen) erheblich variiert wird. Somit bleibt die ermittelte Beziehung

$$h_1 - h_2 = f\left(\frac{q_1}{q_2}\right),$$

auch wenn alle Rheochordversuche wegfielen.

B. In Betreff der Rheochordversuche ist hervorzuheben, dafs allerdings die Formel über die Stromverzweigung hier Anwendung findet.

Giebt man ihr die Form

$$i = \frac{\varepsilon}{W + w_1 + W \frac{w_1}{w_2}}$$

so übersieht man sofort, dafs nur, wenn w_1 gegen w_2 nicht sehr klein ist, i bei gröfseren Änderungen des w_2 merklich variiert. Nun habe ich gefunden, dafs w_1 der Widerstand der primären Spirale zwar nur 180 Rheochordeinheiten beträgt, wenn der Unterbrechungshammer still steht; wenn aber der Hammer schwingt, wie es zur Tetanisierung des Muskels erforderlich ist, dann ändert sich der Widerstand des Apparats, und zwar kann er bei geringer Schwingungsfrequenz mehrere tausend Rheochordeinheiten erreichen, bei sehr schnellem Schwingen bis auf 100 bis 200 herabgehen. Sehr geringe Schwingungsfrequenzänderungen bewirken sehr grofse Widerstandsänderungen und die Schwingungsfrequenz ändert sich mit den eingeschalteten Rheochordwiderständen. Ganz konstant war die Frequenz bei keiner Reihe, also ist es unmöglich, dafs die Intensität des primären Stromes bei sehr grofsen eingeschalteten Rheochordwiderständen ebenso grofs war wie bei Einschaltung von 1000 Einheiten. Auch habe ich ausdrücklich angegeben (S. 70), dafs die Induktionswirkung mit Änderungen des Rheochordwiderstandes sich erheblich ändert, auch wenn die Schwingungsfrequenz des Hammers sich nur wenig ändert. Alles dieses wird in einer besonderen Abhandlung durch Zahlenreihen, welche hauptsächlich mit der Tangentenbussole gewonnen sind, belegt werden.*

Sehe ich ganz davon ab, so wäre doch dann erst der gegebene Beweis für die Relation

$$h_1 - h_2 = f\left(\frac{q_1}{q_2}\right)$$

---

* *Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft.* VIII. 2. Heft. S. 281 bis 292. 1874. [P. 1890]

unhaltbar, wenn für kleine Rheochordwiderstände von 1 bis 1000 Einheiten die Hubhöhendifferenzen nicht konstant wären. Solche Versuche habe ich jetzt angestellt und vollkommene Übereinstimmung mit den veröffentlichten Versuchsreihen gefunden.

Bei diesen Versuchen nahm die absolute Gröfse der Hubhöhen in den ersten Nummern trotz der Ermüdung bedeutend zu durch Reizsteigerung, die Differenz blieb für jedes Paar, so lange der Muskel nicht erschöpft war, dieselbe. Somit ist aus dem vorgebrachten Einwande der myophysischen Formel eine neue Stütze erwachsen.

II. Es wird behauptet, dafs die myophysische Formel den Untersuchungen von HELMHOLTZ widerspreche. Nur die Abhandlung in *Müllers Archiv* 1850 S. 276 kann gemeint sein. Jeder Sachverständige sieht aber sofort, dafs es sich da um ganz andre Fragen handelt, und namentlich folgt aus den Untersuchungen von HELMHOLTZ über die zeitlichen Änderungen des Erregungsvorgangs durchaus nicht, dafs jedem kleinsten p ein h entsprechen müsse, wie der Gegner meint. Dies für den in Luft vertikal hängenden Muskel anzunehmen, ist ganz und gar unzulässig. Vielmehr ist schon eine mefsbare Erregung da (die Schwellenerregung), bevor die Kontraktion beginnt. Hier soll dies nicht des weiteren ausgeführt werden. Vgl. *Myoph. Ges.* § 64 u. ff. u. S. 93.

III. Es wird behauptet, dafs eine der wichtigsten Konsequenzen der ganzen Untersuchung, die Proportionalität von Fundamentalreiz und Erregung hinfällig sei, indem aus den Gleichungen

$$h = k_1 \log \alpha p$$

$$h = k \log \frac{q}{s}$$

folge, dafs

$$\alpha p = \left(\frac{q}{s}\right)^{\frac{k}{k_1}}$$

sei und nichts für die Identität der Konstanten k und k_1 spreche. Einstweilen sei daher die myophysische Bewegung nicht dem fundamentalen Reize, sondern einer Potenz desselben proportional zu setzen.

Dieser Einwand trifft rein mathematisch vollkommen zu. Ohne Hinzuziehung irgend einer neuen, in den beiden Integralgleichungen oder ihren Differenzialformeln nicht enthaltenen Thatsache, läfst sich die Identität der beiden Konstanten k und k_1 nicht beweisen.

Es ist jedoch zu bedenken, dafs nichts gegen die Identität von k und k_1 spricht, mancher Wahrscheinlichkeitsgrund sich gegen ihre Verschiedenheit beibringen läfst und apagogisch dargethan werden kann, dafs, wenn die beiden Konstanten k und k_1 verschieden sind, der Unterschied nur unmerklich klein sein kann.

Ist nämlich k nicht $= k_1$, so ist $\frac{k}{k_1}$ entweder >1 oder <1. In jedem Falle wird in der Gleichung

$$\alpha p = \left(\frac{q}{s}\right)^{\frac{k}{k_1}}$$

wenn $\frac{q}{s} = 1$ wird, auch $\alpha p = 1$, und dann $h =$ null. Nun ist die Reizeinheit 1 die Reizschwelle, die Erregungseinheit 1 die Schwellenerregung. Sei zunächst $\frac{k}{k_1} > 1$, so würde die Erregung vom Schwellenpunkt ab viel schneller als der Reiz wachsen und z. B. wenn der Reiz = zweimal dem der Reizschwelle geworden, die Erregung = 4 mal der der Schwellenerregung sein, falls $\frac{k}{k_1} = 2$. Es müfste allgemein, wenn $\frac{k}{k_1}$ merklich > 1, die maximale Erregung des Muskels erreicht sein, wenn nur der Reiz ein geringes Vielfaches der Reizschwelle beträgt. Dieses widerspricht der Erfahrung. Denn die Versuche lehren, dafs die maximale Erregung mehr als 100 mal so gross sein kann als die Schwellenerregung und dafs, um den auf der Schwelle befindlichen Muskel auf die maximale Erregung zu bringen, der Reiz um sehr viel mehr als um einige Vielfache der Reizschwelle gesteigert werden mufs. Mit anderen Worten: Es müfsten, wenn $\frac{k}{k_1}$ merklich gröfser als 1 wäre, die Erregungen in der Nähe des Maximalreizes viel schneller wachsen als in der Nähe des Schwellenpunktes. Diesem widersprechen die Experimente direkt.

Wäre zweitens $\frac{k}{k_1}$ merklich kleiner als 1, so müfste eine Verdoppelung der Reizschwelle nur eine kleine Erregung bedingen und eine Verdoppelung der Schwellenerregung würde schon bei $\frac{k}{k_1} = \frac{1}{3}$ eine Verzehnfachung der Reizschwelle verlangen; um aber das 100fache der Schwellenerregung zu erhalten, würde der Reiz millionenmal so grofs als die Reizschwelle werden müssen, was nicht möglich ist.

Sowie der Quotient $k : k_1$ irgend merklich gröfser oder kleiner als 1 wird, kommt man durch Konstruktion der zugehörigen Kurve auf solche Unzuträglichkeiten, welche fortfallen, wenn $k = k_1$.

Übrigens ist es auffallend, dafs noch niemand der Psychophysik den hier erwähnten Einwand gemacht hat. Ist E = Empfindung, ψ = psychophysische Bewegung, R = Reiz, und sind k und k_1 Konstanten, so ist, wenn

$$E = k \log R$$

und

$$E = k_1 \log \psi$$

keineswegs (wie *Elemente der Psychophysik* II, 429 Z. 11—14 v. o. gefolgert wird) ψ proportional dem R. Auch hier bleibt die Identität der Konstanten k und k_1 zu beweisen. Bis dahin ist das ψ irgend einer Potenz des fundamentalen Reizes proportional zu setzen.

Ich hoffe, wenigstens für die Myophysik, einen ganz zwingenden Beweis dafür bringen zu können, dafs $\frac{k_1}{k}$ nicht blofs nicht merklich $\gtrless 1$ sein kann, sondern genau $= 1$ sein mufs.

Dieses (nebst den Belegen für die vorstehenden Angaben) soll in einer besonderen Abhandlung in der *Jenaischen Zeitschrift für Naturwissenschaft** binnen kurzem veröffentlicht werden.

W. Preyer.

* S. oben S. 84 Anm. Die kleine Abhandlung ist den späteren Exemplaren der Schrift *„Das myophysische Gesetz“* (Jena, 1874, Fischer) beigeheftet worden. [P. 1890]

II.*

Die neuerdings wieder in diesem Archive (VI. 642 bis 646) gegen meine myophysischen Untersuchungen vorgebrachten Einwände sind für denjenigen, welcher genau unterscheidet, was ich voraussetze und was ich beweise, ebenso haltlos wie die früheren. Ich beschränke mich daher, um nicht einfach Gesagtes zu wiederholen, hier auf die bündige Widerlegung von drei mit besonderer Zuversicht gegen mich gerichteten sachlichen Behauptungen, indem ich zugleich noch einmal definiere, was ich unter Muskelerregbarkeit verstehe.

Zunächst ist die Behauptung falsch, dafs in VOLKMANNS Versuchen q immer maximal sei (VI, 644). In der zweiten und dritten Reihe z. B. war q nicht maximal. Dies habe ich längst hervorgehoben (VI, 239) und die allgemeine Geltung (VI, 571 Z. 5 v. o.) der Differenzialgleichung $dH = k\frac{dq}{q}$ verlangt, worin natürlich die Variierung des (in einer Reihe konstant zu haltenden) q in der endlichen Gleichung $H = k \log\frac{q}{s}$ implicite mit einbegriffen ist (VI, 571 Z. 11 und 12 v. o.). Was also dem Scharfsinn der Gegner bisher entging (VI, 643 Mitte), wie ich diesem Einwande widerstehen könne, wird ihnen nun klar sein. Dafs q variiert werden müsse, ist eben kein Einwurf, da ich selbst die Variierung verlangte und in den Versuchen q faktisch bald maximal, bald nicht maximal ist.

Sodann ist die Behauptung falsch, dafs die VOLKMANNschen Zahlen sich mit anderen als meiner Formel ebenso genau wie mit dieser vereinigen lassen (VI, 646). Die Ausrechnung der Quotienten $h : l \log p$ oder $h : l\sqrt{p}$ ist unnütz. Sie beweist nichts, weil das Resultat nicht unabhängig von der gewählten Gewichtseinheit ist. Nur wenn die nach meiner Formel $H = k \log ap$ berechneten H-Werte eine gröfsere Fehlerquadratsumme lieferten, als die nach irgend einer anderen Formel berechneten,

* Diese frühere Widerlegung von Einwänden gegen das myophysische Gesetz hatte ich für *Pflügers Archiv* bestimmt, sandte jedoch das Manuskript vom 5. Jan. 1873 nicht ab, sondern zog es vor, in einer „Erklärung“ vom 1. Febr. 1873 (VII, 200) auf die ausführliche Schrift hinzuweisen, um die Polemik nicht auszudehnen. Hier folgt der unveränderte Abdruck jener Widerlegung, welche übrigens FECHNER nicht vorgelegen hat. [P. 1890.]

könnte die logarithmische Beziehung zwischen H und p zweifelhaft werden. Die gefundene Fehlerquadratsumme (namentlich bei der 10. Reihe) ist aber so klein, dafs jede beliebige andere Funktion eine aufserordentlich grofse Unwahrscheinlichkeit für sich hat (VI, 573).

Endlich ist die Behauptung falsch, es fände sich auf S. 572 ein Trugschlufs vor (VI, 644), wie aus meiner Definierung des Reiz- und des Erregbarkeitsbegriffes folgt.

Es ist undenkbar, dafs ein noch so schwacher Reiz auf einen Muskel einwirke, ohne in ihm irgend welche (molekulare) Veränderungen hervorzurufen. Ich nenne diese Bewegung im Muskel, welche für jeden Reizwert eine andere Gröfse hat, myophysische Bewegung, und zwar deshalb, weil sie das Analogon der psychophysischen Bewegung FECHNERS ist. Sowie der Reiz, und mit ihm die myophysische Bewegung einen gewissen Wert übersteigt, der der Reizschwelle entspricht, geht die bis dahin ohne Formänderung der Faser (unterhalb der Schwelle) stattfindende Bewegung in Massenbewegung über, der Muskel zieht sich zusammen, im allgemeinen stark bei starkem Reiz und grofser myophysischer Bewegung, schwach bei schwachem Reiz und kleiner myophysischer Bewegung. Die Gröfse der letzteren wird durch ihre lebendige Kraft (Verkürzungskraft) gemessen, diese durch p, also entspricht jedem Reize ein gewisses p.

Nun ist aber hierbei das Reizmafs unbestimmt gelassen. Man kann es entweder physikalisch oder physiologisch setzen. Das erstere ist indessen deshalb unpraktisch, weil man nicht dadurch erfährt, wieviel des Reizes im Muskel zur Wirkung kommt. Auch die beste der vorhandenen Definitionen des elektrischen Reizes motorischer Nerven, die von E. DU BOIS-REYMOND gegebene, welche auf die direkte elektrische Muskelreizung übertragen, sich kurz so aussprechen läfst, dafs *ceteris paribus* die Gröfse der myophysischen Bewegung eine (unbekannte) Funktion des Differenzialquotienten der auf die Zeit bezogenen Stromdichtigkeit ist, gilt doch nur, wenn in das *ceteris paribus* auch die Anspruchsfähigkeit (A. FICK, „*Unters. über elektr. Nervenreizung*“ 1864, S. 35) oder Reagibilität, oder wie man sonst die Eigenschaft des Muskels, eine gegebene myophysische Bewegung in sich bei der Reizung zu stande kommen zu lassen, nennen will, mit eingeschlossen wird. Da aber diese Eigen-

schaft erfahrungsmäſsig bei wiederholter Reizung garnicht konstant bleiben kann, vielmehr höchst veränderlich ist, so muſs sie eben mit in Rechnung gebracht werden. Dies geschieht bei Anwendnng des physiologischen Reizmaſses.

Man hat in dem fundamentalen Reize $\frac{q}{s}$ dasjenige vom äuſseren, absoluten, physikalisch bestimmten Reize verschiedene Reizquantum im Muskel, worauf es allein bei der Muskelthätigkeit innerhalb des von mir behandelten Gebietes ankommt. Denn $\frac{q}{s}$ ist ein Bestimmungsstück, welches die Aktion des Reizes in ihrer durch die jeweilige Beschaffenheit des Muskels gegebenen Gröſse bemiſst. Bedenkt man nun, dass — innerhalb physiologischer Grenzen — myophysische Bewegung das Einzige ist, was der Reiz bewirkt, so ist also diese die einzige Erscheinungsform des fundamentalen Reizes $\frac{q}{s}$, das einzige Merkmal, an dem er unmittelbar erkannt wird. Und da die myophysische Bewegung als primäre Reizwirkung gegenüber der beobachteten Endwirkung, der Kontraktion, auf der Seite der Ursachen gerade so gut wie der Reiz selbst steht, so kann man unbedenklich, wenn $\frac{q}{s}$ nicht als ein *caput mortuum* auſserhalb der Untersuchung liegen bleiben soll, den fundamentalen Reiz geradezu durch die lebendige Kraft der myophysischen Bewegung ausdrücken. Nun definiere ich:

1. Die myophysische Bewegung M des gereizten Muskels muſs einen gewissen Wert m haben, bevor eine Zuckung eintreten kann;
2. die Muskelerregbarkeit ist proportional demjenigen fundamentalen Reizwert $\frac{1}{s}$, welcher eben erreicht sein muſs, um die myophysische Bewegung m hervorzurufen; das heiſst:

   Die Erregbarkeit ist einerseits proportional dem Gewicht p', welches m ausdrückt, andererseits reziprok s, der Reizschwelle. Denn da allgemein $\frac{q}{s}$ durch M, somit der Spezialfall $\frac{1}{s}$ durch m ausdrückbar ist, wie

ich eben zeigte, ist notwendig auch $\frac{q}{s} = ap$ oder $\frac{1}{s} = ap'$, wo $\alpha = const.$

Nun wird aber der experimentelle Beweis dafür, daſs in der That M proportional $\frac{q}{s}$, vermiſst. Hierauf ist zu entgegnen, daſs ein solcher Beweis erst dann gegeben werden kann, wenn ein Mittel gefunden sein wird, zu bestimmen, wie groſs der Anteil des absoluten Reizes ist, den der Muskel verbraucht, eine subtile Aufgabe vom gröſsten Interesse, welche unmittelbar an die grundlegenden Betrachtungen von DU BOIS-REYMOND („*Unters. über tier. Elektr.*" 1848, I, 258 u. f.) anzuknüpfen hat, deren Lösung aber die Aufstellung meiner Theorie nicht abzuwarten brauchte, da es in erster Linie für diese nur darauf ankommt, die Zulässigkeit der Gleichung $ps = const.$ (wenn q konstant) darzuthun (VI, 568, Z. 22 v. o.). Diese Gleichung bedarf zwar, wie ich selbst ausdrücklich hervorhob (VI, 571), schlieſslich eines physiologischen Beweises, aber ein solcher Beweis ist zur Aufstellung der Theorie genügend geleistet, wenn der Nachweis geliefert (VI, 572, Z. 2 v. o.) oder begründet wird, daſs das Bestimmungsstück $\frac{q}{s}$ auf irgend eine Weise — hier also innerhalb der VOLKMANNschen Versuche — ohne mit irgend einer Thatsache in Konflikt zu geraten, ermittelt und mit dem beobachteten H verglichen werden kann. Dies habe ich gethan. Denn gegen die Zulässigkeit der Gleichsetzung der lebendigen Kraft der myophysischen Bewegung und der lebendigen Kraft des fundamentalen Reizes läſst sich absolut nichts einwenden. Es ist die denkbar einfachste Annahme. Man kann auch nicht einwerfen, es habe sich hierbei eine unerlaubte Willkür eingeschlichen, denn die Geschichte der theoretischen Naturwissenschaft zeigt genugsam, daſs bei Ermittelung neuer Wahrheiten die Zugrundelegung der einfachsten, erst später experimentell zu beweisenden Voraussetzung von dem gröſsten Vorteil ist. Hätte man immer erst abwarten wollen, bis diese einfachsten Annahmen durch das Experiment verifiziert worden, dann wären gerade von den folgenreichsten Untersuchungen nicht wenige im Keime erstickt.

Ohne hier schon die experimentelle und theoretische Begründung und die Bedeutung des myophysischen Gesetzes

weiter zu erörtern, auch abgesehen von dem grofsen heuristischen Werte der Gleichung $\alpha p = \frac{q}{s}$, will ich nur eine von den allgemeineren Konsequenzen des Gesetzes noch signalisieren.

Ganz unabhängig von den Grundlagen der Theorie habe ich empirisch festgestellt, dafs die Muskelkontraktion proportional ist dem Logarithmus der myophysischen Bewegung (Verkürzungskraft). Hierdurch allein gewinnt FECHNERS Auslegung seines psychophysischen Grundgesetzes durch Analogie ungemein an Wahrscheinlichkeit, dafs nämlich die Empfindungsgröfse E proportional ist dem Logarithmus der psychophysischen Bewegung ψ und nicht diese dem Logarithmus des Reizes proportional. Man hat, wenn man nun noch den einen Schritt weiter geht, die Parallele

$$E = w \log \psi \text{ und } \psi = \frac{q}{s}$$

$$H = k \log M \text{ und } M = \frac{q}{s} = \alpha p$$

wo w, k und α Konstanten. Da zur Zeit noch das Mafs der psychophysischen Bewegung fehlt, so ist das für die myophysische Bewegung gewonnene auch in der Psychophysik zu beachten.

Jena, am 5. Januar 1873.

Leipzig, d. 16. März 74.

Hochgeehrter Herr Professor,

Es ist mir von vielem Interesse gewesen, Ihre Beseitigung der Ihnen von andrer Seite gemachten Einwürfe zu lesen, soweit ich wegen Unbekanntschaft mit den bei den Versuchen gebrauchten Einrichtungen des erregenden Apparates und selbst mit der Terminologie derselben den Verhandlungen über die Leitungsverhältnisse habe zu folgen vermocht. Jedenfalls sehe ich doch daraus mit Vergnügen, dafs Sie im stande gewesen sind, allen Einwürfen teils unmittelbar, teils durch neue Versuche zu begegnen und damit selbst eine verstärkte Sicherstellung zu gewinnen. Ohne durchzuschlagen, werden diese Einwürfe nur insofern unbequem bleiben, als nach dem, was Sie selbst vom Gesichtspunkt derselben als gültig anerkennen,

doch nicht alle Versuche in Ihrer Schrift die Beweiskraft, die sie in Anspruch nahmen, haben können, sondern erst durch besondre Erörterungen zu sichten sind; aber ich sehe auch, dafs Sie in dieser Hinsicht nicht in Verlegenheit sind; und es kann nur ein Gewinn für eine Sache sein, wenn Einwürfe den Erfolg haben, sie vielmehr fester zu stellen als zu stürzen.

Die beiläufige Bemerkung (S. 87) Ihrer Entgegnung betreffs eines von der Myophysik auf die Psychophysik übertragbaren Einwandes vermöchte ich allerdings nicht zu acceptieren.

Sie sagen:

„Wenn $E = \varkappa \log R$

und $E = \varkappa_1 \log \psi$

so ist keineswegs (wie *Elemente d. Ps.* II. 429. Z. 11—14. v. o.) gefolgert wird, ψ proportional dem R. Auch hier bleibt die Identität der Konstanten $\varkappa$ und $\varkappa_1$ zu beweisen.“ Aber so folgere ich ja gar nicht, sondern so: Wenn $E = \varkappa \log R$, und $\psi = pR$, d. h. ψ proportional R, so ist auch $E = \varkappa \log \frac{\psi}{p}$; wogegen sich wohl nichts einwenden lassen wird, und wobei ein Unterschied zweier Konstanten $\varkappa$, $\varkappa_1$ gar nicht in Frage kommt. Dafs die, übrigens nur innerhalb der Grenzen des gewöhnlichen Sinnengebrauchs von mir in Anspruch genommene Proportionalität von psychophysischer Bewegung mit Reiz selbst innerhalb dieser Grenzen nur hypothetisch ist, gebe ich selbst zu.

Um von hier aus zu dem einzigen Punkte überzugehen, über den wir uns in unseren bisherigen Diskussionen noch nicht ganz verständigt haben, betreffs negativer Werte im physischen und psychischen Gebiete, so sagen Sie: „Es steht durchaus nicht fest, dafs es unterhalb der Empfindung Null nichts Reales, durch negative Werte desselben Ausdrückbares gebe. Man kann sich die Möglichkeit denken, dafs die Ganglienzelle (ihr Protoplasma) bei der Empfindung sich zusammenzieht und unter der Empfindung Null sich ausdehnt . . . . Ich habe damit nur die Möglichkeit zeigen wollen, dafs negativen Empfindungswerten etwas Reales entsprechen könne.“

Nun behaupte ich ja aber selbst, dafs negativen Werten im Psychischen etwas Reales im Physischen entspreche; denn der ganze Schwellenbegriff fufst darauf. Und sollte das

physisch Reale, was noch unter der Schwelle der Empfindung in funktioneller Beziehung dazu fortbesteht, zugleich als negativ und real zu fassen sein, so würde die dazu funktionell gehörige Empfindung nichtsdestoweniger als nicht real zu fassen sein, weil sie faktisch eben nicht da ist. Nicht darum handelt es sich doch, ob unter der Schwelle der Empfindung von dem Physischen, wozu es in allgemeiner Funktionsbeziehung steht, überhaupt noch etwas, sei es mit positivem oder negativem Vorzeichen real da ist, sondern ob von der Empfindung selbst noch etwas real da ist, wenn die funktionelle Beziehung auf negative Werte derselben führt. Vielleicht aber verstehe ich Ihren Einwurf noch nicht ganz und treffe ihn daher auch mit meiner Entgegnung nicht ganz.

Was das aus den photographischen Wirkungen des Lichtes hergenommene Beispiel anlangt, so kann daraus meines Erachtens in keinem Falle ein Einwurf gegen die Deutung der negativen Empfindungswerte als imaginärer mit der Nebenbestimmung gröfserer oder geringerer Entfernung von der Wirklichkeit hervorgehen; denn diese Deutung beruht auf keinen Analogien, sondern auf direkter Betrachtung der Sachverhältnisse im psychophysischen Gebiete, und sollte eine Analogie nicht dazu stimmen, so würde dies nur ein Beweis sein, dafs der rechte Gesichtspunkt der Analogie nicht getroffen ist. Das Psychische tritt in der Psychophysik als Funktion eines anders gearteten Wertes des Physischen auf; nun kann nur die Frage sein, ob sich auch i n n e r h a l b des physischen Gebietes für sich etwas Analoges von einem derartigen funktionellen Verhältnisse finden lasse, dafs Werte einer gewissen Art, welche in funktioneller Abhängigkeit von Werten andrer Art stehen, als imaginär mit jener Nebenbestimmung gefafst werden müssen, wenn sie vermöge der funktionellen Beziehung einen negativen Wert annehmen. Ich glaube, dafs es der Fall mit negativen Werten beharrlichen Abstandes von einem gegebenen Punkte als Funktion geäufserter Kraft sei, wenn die Frage auf Nichterreichung oder Überschreitung dieses Punktes gestellt wird, und die Abstände in diesem Sinne der Aufgabe gemäfs gedeutet werden — negativer Abstand = imaginäres Überschreiten des Punktes — wie ich am Beispiele der Reibung zu erläutern gesucht. Aber für die psychophysische Deutung der negativen Empfindungswerte ist es ganz gleichgiltig, ob diese Analogie

als richtige zutrifft oder als nicht richtige nicht zutrifft. Und möchten Sie auch das Beispiel von dem glühenden Draht, der Drehung des Wasserrades und der photographischen Platte noch so sehr variieren, so würde immer dieselbe allgemeine Antwort darauf zu geben sein, dafs das die psychophysische Deutung der negativen Empfindungswerte nichts angeht. Führt die Mafsformel auf negative Empfindungswerte, so können sie nicht anders, denn als imaginär mit jener Nebenbestimmung gefafst werden; der Zusammenhang von Rechnung und Thatsachen läfst es nicht anders zu. Es sei denn, dafs man die Giltigkeit einer Formel selbst bestritte, welche auf negative Empfindungswerte führt, wie es ja von Delboeuf geschieht; dann hört mit den negativen Empfindungswerten natürlich das Bedürfnis einer Deutung von solchen auf; aber unsre Diskussion ist auf Grund der Voraussetzung von solchen geführt, und für Ihre myophysische Mafsformel würde doch ein entsprechendes Bedürfnis noch fortbestehen. Dafs ich übrigens den Delboeuf-schen Gründen und seiner Formel mich nichts weniger als füge, habe ich früher bemerkt.

Sollte nun aber rücksichtslos auf eine Bedeutung für die Psychophysik, die ich nicht zugestehen kann, das Beispiel der photographischen Platte in Beziehung auf die Frage für das physische Gebiet diskutiert werden, so müfste man es meines Erachtens ebenso wie das Beispiel der Reibung erst auf bestimmte Vorstellungen bringen, wonach es mir auch unter denselben Gesichtspunkt zu treten scheint. Sie sagen: „Bei einer gewissen Gröfse der Wärmeschwingung beginnt die chemische Zersetzung. Nun kann man doch nicht wohl die Abwesenheit der chemischen Zersetzung unterhalb jenes Punktes eine negative chemische Zersetzung nennen.“ Aber was ist unter chemischer Zersetzung den Wärmeschwingungen gegenüber zu verstehen? Ich denke, eine bleibende Lagenänderung der Teilchen gegeneinander, oder Schwingung um neue Lagen gegeneinander. Nun hat es ohne solche Klärung der Vorstellung freilich keinen klaren Sinn, von einer negativen chemischen Zersetzung zu sprechen, hingegen wird es m. E. weder unklar, noch untriftig sein, zu sagen: so lange die Wärmeschwingungen nicht eine gewisse Grenze überschreiten, bleiben die Gleichgewichtslagen der Teilchen, um die sie schwingen, dieselben; wird eine gewisse Grenze überschritten, so ändern sich die

Gleichgewichtslagen. Der Abstand, in welchem die Schwingungen hinter dieser Grenze zurückbleiben, wird bezüglich derselben als negativ zu fassen und zugleich als Mafs der Entfernung vom Eintritt einer chemischen Zersetzung zu betrachten sein, diese selbst aber als imaginäre bezeichnet werden können.

Inzwischen, ich gebe Ihnen vollkommen recht, wenn Sie sagen, dafs dergleichen „sehr subtil" ist, und man erst genau nachdenken mufs, ehe man dergleichen acceptiert, d. h. in physikalische Betrachtungen einführt; und wenn Sie sagen, dafs Sie das noch nicht gethan haben, so sage ich meinerseits dasselbe. Ob mit dergleichen etwas anzufangen ist, kann sich ja erst in der mathematischen Durchführung zeigen, die im physischen Gebiete zu versuchen ich nicht für meine Sache halte, daher ich auch vom Anfange her in das, was ich in dieser Beziehung vorgebracht, um für eine Schwierigkeit, zu der Ihre Formel führt, eine mögliche Abhilfe zu finden, für unmafsgeblich erklärt habe. Lassen Sie also, sei es, dafs Sie hier keine Schwierigkeit anerkennen, oder ihr auf zufriedenstellendere Weise zu begegnen wissen, meinen Versuch in dieser Hinsicht auf sich beruhen, was ich in der Ordnung finde; nur damit werde ich mich nicht einverstehen können, dafs Sie diese Schwierigkeit auf die Psychophysik übertragen, wo sie nach meiner Fassung und Erläuterung der negativen Empfindungswerte, so weit ich es übersehen kann, nicht besteht.

Ihrer erneuten Anregung, doch noch eine Anzeige der Delboeufschen Schrift zu liefern, möchte ich mich nicht entziehen; aber es müfste jedenfalls Zeit haben, denn ich müfste die Schrift noch einmal durchgehen und bin jetzt zu sehr in andrer Richtung in Anspruch genommen. Fänden Sie also einen andren Beurteiler, der Ihnen passend schiene, so wäre es mir um so lieber. Was ich etwa andres sagen möchte, würde ich auch anderswo sagen können.

Mit besten Wünschen für einen baldigen Abschlufs und zufriedenstellenden Erfolg Ihrer Untersuchung und dem Ausdruck vorzüglicher Hochachtung

der Ihrige

Fechner.

Jena, am 16. Mai 1874.

Hochgeehrter Herr Professor,

Recht sehr mufs ich zuvörderst um Entschuldigung bitten, dafs ich das beifolgende Manuskript erst jetzt zurücksende. Ein mehrwöchentlicher Aufenthalt im Süden, teils in Neapel, teils in Rom, hat eine Unterbrechung meiner physiologischen Thätigkeit herbeigeführt, welche erst jetzt die im März verlassenen myophysischen Fragen wieder aufzunehmen gestattet. Ich habe das Ms. sorgfältig abschreiben lassen und hoffe zuversichtlich durch fortgesetzte Untersuchungen die noch restierende Unsicherheit vollkommen zu beseitigen. Einstweilen haben thatsächlich die öffentlich gegen das myophysische Gesetz gerichteten Angriffe dazu beigetragen es zu stützen. Vielleicht finden Sie eine Viertelstunde, den beifolgenden Separatabdruck aus der Jenaischen Zeitschrift für Naturwissenschaft** zu lesen, welcher die Methode der Versuche des 3. Abschnittes erläutert, zugleich eine bisher ungekannte Empfindlichkeit des Muskels für Steilheitsschwankungen der elektrischen Abgleichungskurve kennen lehrend.*

Die beiden Nummern der Jenaer Literaturzeitung werden Sie inzwischen erhalten haben. Snell hat sich, wie er mir wiederholt sagte, die gröfste Mühe gegeben, Ihren „Ideen zur Entwickelungsgeschichte etc.“ gerecht zu werden (natürlich von seinem Standpunkte aus). Da er nun mit manchem nicht einverstanden ist, so könnte vielleicht der Ausdruck der Anerkennung, die er der Grundidee zollt, abgeschwächt erscheinen. Mich würde es in hohem Grade interessieren, zu erfahren, ob Sie die Snellschen Einwände für erheblich oder unerheblich ansehen, da ich selbst bei anderer Gelegenheit auf Ihre „Ideen“ zurückkommen werde. Jedoch möchte ich nicht zu einer ausführlichen Diskussion dieses Gegenstandes Anlafs geben, da ich fast fürchte ohnehin schon Ihre Zeit zu sehr in Anspruch genommen zu haben. — Ich sehe nämlich aus Ihrem letzten Briefe, dafs allerdings dem Begriffe der negativen Empfindungen in Ihrem Sinne von den Punkten aus, von denen ausgehend ich ihn angriff, nur sehr schwer, wenn überhaupt, beizukommen sein wird. Diese wertvolle Einsicht, welche ich Ihren Darlegungen verdanke, beweist aber keineswegs die Notwendigkeit, negative Empfindungen in Ihrem Sinne anzunehmen. Vielmehr sind dieselben an eine ganz eigentümliche Auffassung des Bewufstseins gebunden, welche, so viele Vorzüge sie auch thatsächlich

* *Die Beilage von Fechner S. 21.*

** *Der S. 84 Anm. erwähnte Aufsatz.*

hat, doch keineswegs die einzig mögliche ist. Gern gebe ich Ihnen jetzt zu, dafs die von mir aus der Myophysik hinübergetragene Schwierigkeit in der Psychophysik nach Ihrer „Fassung und Erläuterung der negativen Empfindungswerte“ nicht besteht, nur kann ich eben jene Fassung (wenigstens bis jetzt) nicht vollkommen teilen. —

Sehr erfreut haben Sie mich und die Redaktion der Literaturzeitung durch die in Ihrem letzten Briefe uns eröffnete Aussicht eine Besprechung der Delboeufschen Schrift von Ihnen zu erhalten. Aber auch wenn Sie, nach anderer Richtung thätig, eine andere Schrift jener vorziehen sollten, oder auch eine Abhandlung, würden wir Ihnen zu grofsem Danke verbunden sein. Auch nur ein kurzer Beitrag von Ihnen über Delboeuf, der jetzt ebenso für wie gegen Sie zitiert wird, würde viel zur Aufklärung beitragen, eine ausführliche Besprechung aber natürlich noch erwünschter sein.

In ausgezeichneter Hochachtung verharre ich

der Ihrige

Preyer.

Leipzig, d. 25. Mai 74.

Hochgeehrter Herr Professor,

Zuvörderst meinen Dank für die Zusendung Ihrer beiden neuerlich gedruckten Mitteilungen. In betreff der elektrophysiologischen mufs ich leider das Bedauern wiederholen, dafs meine Unbekanntschaft mit den jetzt angewandten elektrophysiologischen Apparaten und Methoden mich nicht befähigt hat, derselben ganz zu folgen, indes habe ich mit Interesse und grofser Befriedigung daraus ersehen, dafs Ihre neueren Versuche nur zur Bestätigung und Erweiterung der Resultate der früheren geführt haben.

Gegen Czermak mögen Sie wohl recht haben,* wennschon es etwas befremdet, dafs das niedergedrückte Tier selbst bei langsamem Zurückziehen der Hände die Entfernung des Druckes garnicht merken und gar keinen Versuch des Gegenstrebens mehr machen sollte.

Hiernächst meinen nachträglichen Dank für die Zusendung der beiden Kritiken, der Ihrigen über Wundts und der Snellschen über mein Buch. Wie ich sehe, finden Sie gegen das

* *Über eine Wirkung der Angst bei Tieren.* Centralbl. f. d. med. Wiss. 1873. No. 12.

erste, was mir Wundt zwar selbst zugeschickt, ich aber noch nicht näher eingesehen habe, und findet Snell gegen das meinige viel einzuwenden. Da Sie es mir nahe gelegt haben zu sagen, wie ich Snells Kritik auffasse, habe ich sie nochmals durchgelesen und aufgezeichnet, was mir dabei eingefallen ist [S. 103]. Lesen Sie davon so viel Sie mögen, und wenn Sie Snell begegnen, grüſsen Sie ihn von mir. Er wird das, was ich gegen seine Kritik eingewandt (sollte es ihm selbst zu Gesicht kommen), ebensowenig für ungut nehmen, als ich das, was er gegen meine Schrift eingewandt. Philosophen von abweichendem Standpunkte — und etwas rechnen wir uns doch beide zu den Philosophen — können sich über Fragen wie die in der Schrift behandelten, nun einmal nicht verständigen, und leider kommt aus dem Streite derselben darüber nie etwas heraus, daher meine Äuſserung, daſs ich mir aus seiner Kritik nichts zu nehmen vermocht.

Um noch eines Restes unsres Streites zu gedenken, so sagen Sie, daſs die Annahme negativer Empfindungen in meinem Sinne (in welchem ich aber vielmehr von negativen Empfindungs*gröſsen* sprechen würde, indem ich mich damit nur auf die quantitative Seite der Empfindung beziehe), wenn auch auf bisherigem Wege nicht widerlegt, doch nicht notwendig sei. Ich behaupte allerdings, daſs, wenn die Maſsformel *richtig* ist, die Auslegung der negativen Empfindungswerte, wozu sie führt, *notwendig* ist; aber die Richtigkeit derselben wird ja von Delboeuf und Plateau bestritten; hiergegen werde ich mich noch zu wehren haben und es allerdings thun,* da ich nicht in Verlegenheit bin, wie ich es zu thun habe; doch bin ich immer noch nicht dazu gekommen.

Um Ihnen wenigstens zu zeigen, daſs ich inzwischen eine Beschäftigung gehabt habe, lege ich ein paar daraus hervorgegangene Abhandlungen bei, ohne Ihnen zuzumuten, sich für den Inhalt derselben zu interessieren. Ihre Reise nach dem Süden hat hoffentlich keine pathologischen Gründe gehabt.

Mit freundlichstem Gruſse

der Ihrige

Prof. Fechner.

---

* *In Sachen der Psychophysik*, 1877 und *Revision der Hauptpunkte der Psychophysik*, Leipzig, 1882. [P.]

Jena, am 5. Juni 1874.

Hochgeehrter Herr Professor,

Ich danke Ihnen verbindlichst für Ihre verschiedenen Zusendungen, welche mein Interesse in hohem Grade in Anspruch nehmen. Sie erlauben mir zunächst mit zwei Bemerkungen pro domo *zu antworten.*

1. Bei meiner Art den Kircherschen Versuch (das experimentum mirabile*) anzustellen hat es wirklich nichts befremdliches, dafs das Tier das Aufhören des Drucks nicht merkt, und sehr bald alle Abwehrungsversuche aufgiebt, denn unmittelbar nach dem den höchsten Grad des Erschreckens bedingenden Akt des Ergreifens wird das Tier auf den Tisch gelegt und jetzt nicht etwa stark (wenigstens nie anhaltend stark), sondern sehr sanft gedrückt, aber die 10 Fingerspitzen des Experimentators werden nach und nach überhaupt garnicht mehr zum Drücken verwendet, vielmehr der Halt immer mehr gelockert, so dafs aber jede abwehrende Bewegung des Tieres eine erneute Berührung herbeiführt. Bei jeder abwehrenden Bewegung stöfst also das Tier auf einen unüberwindlichen Widerstand auch dann, wenn die Fingerspitzen das Gefieder des Huhnes nur eben berühren oder garnicht mehr berühren. Es entsteht nun durch die Erfahrung, dafs jede abwehrende Bewegung nicht nur unnütz ist, sondern geradezu einen neuen Druck oder Stofs herbeiführt, die Überzeugung in dem Tiere (das schon durch das Einfangen sich in namenloser Angst befindet), es werde wohl besser sein ruhig zu bleiben, da es sich durch Bewegungen seine Lage nur verschlimmert; keuchend, zitternd, ratlos in dem festen Glauben, durch eine ihm sonst im Leben nie vorgekommene höhere Macht festgehalten zu sein, bleibt es denn auch resigniert liegen. Jetzt zieht man langsam die Hände zurück, die zuletzt überhaupt garnicht mehr drückten und kaum berührten. Das Tier bleibt minutenlang liegen, weil es glaubt, das Hindernis, auf das es bei jeder Bewegung stiefs, sei noch da. Werden hingegen gleich nach dem Einfangen die Hände schnell entfernt, dann merkt das Tier schon bei der ersten Gegenbewegung, dafs es frei ist, und der Versuch mifslingt. Übrigens habe ich inzwischen gefunden, dafs eine Henne, die man von ihren eben ausgekrochenen Jungen fortnimmt, nur sehr schwer dem Experimente unterworfen werden kann. Sie ist mutiger und intelligenter geworden, als die gewöhnlichen, ausgewachsenen Hühner, die ich ausnahmslos mit Sicherheit „magnetisiere“, wie es früher vom unwissenschaftlichen Publikum genannt wurde. Ganz junge, d. h. eben ausgekrochene Hühnchen, die ich leider erst einmal untersuchen konnte,*

scheinen gegen den Eingriff indifferent zu sein; vielleicht ist die Gefangenschaft im Ei ihnen noch zu frisch im Gedächtnis.

2. Wenn ich in meinem letzten Briefe sagte, die Annahme negativer Empfindungen in Ihrem Sinne sei, wenn auch nicht auf bisherigem Wege widerlegt, doch nicht notwendig, und Sie entgegnen, „dafs, wenn die Mafsformel richtig ist, die Auslegung der negativen Empfindungswerte, wozu sie führt, notwendig ist“, so finde ich hierin keinen Widerspruch. Denn: Ich meinte und meine, die Auslegung der negativen γ-Werte, welche aus der Formel fliefsen, ist nicht notwendig gerade die, welche Sie geben. In der anonymen Schrift „Das Unbewufste etc.“ (Berlin, Duncker, 1872. S. 59) werden Ihre negativen γ-Werte, die Plateau so „schwer zu denken“ findet, in einer Weise gedeutet, welche erheblich von Ihrer Auffassung abweicht und sich sehr wohl verteidigen läfst. (Die negativen Werte sind die Privatempfindungen der einzelnen Ganglienzellen unterhalb der Gesamthirnbewufstseinsschwelle.)

In unserer ganzen Diskussion dieser Frage ist auch einer meiner Haupteinwände nur deshalb nicht durchgedrungen, weil ihm eine etwas andere Definition des Bewufstseins zu Grunde liegt, als Sie geben. Ihre Auslegung der negativen γ's ist an eine eigentümliche, zwar in vieler Beziehung höchst plausible, aber doch nicht notwendige Auffassung des Bewufstseins solidarisch gebunden. Denn man kann nicht soweit gehen zu sagen, dafs alle anderen Auffassungen des Bewufstseins zu verwerfen seien, weil sie mit gerade dieser Auslegung der negativen Empfindungswerte unvereinbar sind. Das wollen Sie aber auch offenbar nicht. Es liegt also, meine ich, die Sache so: Obwohl die Mafsformel nach oben eine Gültigkeitsgrenze hat (indem es noch nicht gelungen ist, die durch starke Reizung gesetzte Schädigung des Organs mit in die Formel aufzunehmen), so liegt doch kein Grund vor zu der Annahme einer unteren Gültigkeitsgrenze. Es ist daher die Aufgabe zu lösen: Was entspricht den negativen aus der Formel fliefsenden γ-Werten? Mehr als eine Deutung ist möglich, weil keine ohne Hereinziehung des Bewufstseins aufgestellt werden kann, das Bewufstsein aber in verschiedener Weise sich auffassen läfst (z. B. als Summationsphänomen und als einfach). Wenn Sie diese Mehrdeutigkeit des Bewufstseins zugeben, geben Sie auch zu, dafs mehr als eine Deutung der negativen γ-Werte möglich, also die Auslegung derselben, die Sie geben, nicht notwendig ist, obwohl Sie dieselbe siegreich gegen alle meine bisher vorgebrachten Bedenken gehalten haben.

Sehr gespannt bin ich auf Ihre Widerlegung des Delboeuf und Plateau. Dies ist eine viel wichtigere Sache. Zwei so scharfsinnige Forscher, der Streitpunkt von so fundamentaler Bedeutung, das große (jetzt auch in philosophischen Kreisen wachsende) allgemeine Interesse an der Sache — dies alles muß der Arbeit großen Reiz verleihen, zumal Sie nicht in Verlegenheit sind, wie Sie zu Werke gehen. Ich muß gestehen, die kleine Abhandlung von Plateau hat mir viel zu schaffen gemacht und ich bin durch ihn, freilich sehr mittelbar, auf eine neue Art von Schätzungsversuchen gekommen, bei denen zweierlei vor allem frappant ist. Erstens ist die Steigerung der Genauigkeit des Schätzens durch Übung eine viel größere, als ich jemals erwartet hätte, zweitens ist der Einfluß der Anordnung, z. B. der ihrer Zahl nach zu schätzenden Punkte, auf die Genauigkeit der Schätzung noch überraschender. Leider fehlt es mir an geeigneten Versuchspersonen. Ich selbst muß wegen hartnäckiger Migräne, die mich auch zu der langen Reise veranlaßte und noch keineswegs ganz beseitigt ist, mich von anhaltendem Beobachten und Experimentieren leider noch zurückhalten.*

*Es ist merkwürdig, daß Denken ohne die geringsten Kopfschmerzen stattfindet, angestrengtes Sehen aber nicht. Doch das wird die Wiederaufnahme jener noch fragmentarischen Beobachtungen kaum hindern können. Ich glaube dann auch Ihre gedruckte Sendung**, für die ich Ihnen besonders dankbar bin, unmittelbar verwerten zu können, soweit ich den komplizierten Gegenstand, welchen Sie mit soviel Scharfsinn und Arbeit klargelegt haben, bis jetzt übersehe. Ich staune, daß es für Sie überhaupt Zeiten geben kann, wo mechanisches Rechnen eine Erholung ist.*

Snell sendet besten Gruß und Dank für die uns höchst interessante eingehende Berücksichtigung seiner Kritik Ihrerseits. Übrigens hat er für dieses Semester Urlaub genommen und steht im Begriff eine Erholungsreise anzutreten.

In der Hoffnung, daß Ihr Wohlergehen und besonders die Leistungsfähigkeit des Auges ungetrübt fortdaure, verbleibe ich

in aufrichtiger Verehrung

Ihr

Preyer.

---

* *„Sitzungsberichte der Jenaischen Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaft“. 29. Juli 1881, mit 2 Tafeln.* [P. 1890]

** *„Bestimmung des wahrscheinl. Fehlers“ und „Ausgangswert der kleinsten Abweichungssumme“ u. s. w.* [P. 1890]

Bemerkungen zu SNELLS Beurteilung meiner „*Ideen etc.*“ in der *Jenaischen Lit.-Zeitung*.

Ich kann dem Professor SNELL nur dankbar sein für die wohlwollende Form, in die er seine Opposition eingekleidet hat, weifs mir aber, offen gesagt, nichts daraus zu nehmen. Erstens verlangt SNELL, dafs ich mich über psychophysische und naturphilosophische Fragen hätte bestimmter aussprechen sollen, die ich mit Fleifs zu möglichster Beschränkung des Themas bei Seite gelassen oder nur kurz berührt habe, indes ich anderwärts ausführlich genug darüber gewesen bin; selbstverständlich kann man in „Einigen Ideen“, zu einer Sache“ die Sache nicht erschöpfen und sein ganzes System nicht auspacken wollen. In der Hauptsache habe ich, der bisherigen Behandlung desselben Themas gegenüber und entsprechend, die physische Seite der Schöpfungs- und Entwickelungsfrage ins Auge gefafst, doch im Kapitel der Glaubensansichten, wie ich meine, hinreichend angedeutet, wie ich mir das Verhältnis der psychischen Seite dazu denke, und wenn ich SNELL hiermit nicht genug gethan habe, so habe ich wahrscheinlich anderen schon zu viel damit gethan.

Und dann, wie in aller Welt kommt SNELL dazu, mir (S. 165, erste Spalte unten) unterzulegen, „dafs ich das kosmische Ganze wegen der (von mir angenommenen) Eigentümlichkeit seiner Molekularbewegungen ohne weiteres als ein von Seelenleben durchdrungenes ansehe“; er findet so etwas unglaublich; ich auch; SNELL scheint mich aber hier mit CZOLBE zu verwechseln, auf den das, was SNELL von mir sagt, besser passen würde, und dem LOTZE infolgedessen vorgehalten hat, dafs nach seiner (CZOLBES) Ansicht auch ein rollendes Wagenrad Bewufstsein haben müsse. Umsonst sehe ich mich nach einer Stelle in meiner Schrift um, die SNELL zu solchem Mifsverständnis Anlafs geben konnte. Nicht nur im Kapitel über psychophysische Bewegung in meinen „*Elem. der Psych.*“, das ich SNELL nicht zumute, gelesen oder berücksichtigt zu haben, erkläre ich ausdrücklich, dafs ich die psychische Tragkraft nicht wesentlich an eine besondere Form der Bewegung geknüpft wissen will, sondern Übersteigen und Nichtübersteigen der Schwelle als bestimmend für Dasein und Nichtdasein von Bewufstsein halte, sondern auch im Schlufskapitel der „*Ideen*“ selbst fasse ich organisches und unorganisches Reich rück-

sichtslos auf die Verschiedenheit der Molekularbewegungen darin unter dem Gesichtspunkte eines im Zusammenhange beseelten Ganzen auf. Nun sagt SNELL selbst, daſs schlieſslich tiefer liegende Gründe mich von der Notwendigkeit der Annahme eines umfassenden Seelenlebens überzeugt haben mögen; und darin hat er Recht, aber woher dann jene unrichtige Insinuation, die mir, ich gestehe es, einem Publikum gegenüber nicht gleichgültig ist, das ohnehin geneigt ist, mich in solchen Dingen und Schlüssen für unzurechnungsfähig zu halten.

Dann findet es SNELL auffallend und verunglückt, daſs ich die Ansicht von einem Grundstock der Entwickelung des organischen Reiches in der von ihm und andern acceptierten Form nicht teile, was ich in der That nicht thue, indem mir das irdische System in seinem kosmorganischen Unzusammenhange unter dem Einfluſs des ordnenden Prinzipes der Tendenz zur Stabilität und dem gliedernden Prinzip der bezugsweisen Differenzierung nicht nur ein erhabenerer, sondern auch einheitlicherer und für Folgerungen fruchtbarerer Ausgangspunkt zugleich für das organische und unorganische Reich erscheint, als ein einzelnes Stück oder einzelne Stücke davon, die man zum Ausgangspunkt des organischen Reiches stempeln möchte. Inzwischen, da ich SNELLS eigene Schrift über die Schöpfungsfrage nicht selbst gelesen habe — und wie viel habe ich doch nicht darüber gelesen — gestehe ich, nicht klar zu wissen, welche Ansicht er mir eigentlich als die seine entgegenstellt und statt der meinen empfiehlt. Früher freilich habe ich selbst einmal mit ihm über die Schöpfungsfrage verhandelt; aber das ist lange her, und ich erinnere mich dessen nicht mehr deutlich.

Weiter widerstrebt es SNELL, daſs ich die blind mechanische Notwendigkeit des Prinzipes der Tendenz zur Stabilität über das physische Gebiet hinaus in das Gebiet des Physiologischen und Psychischen hinein übertragen will. Nun sind jenes Ausdrücke, die SNELL braucht, die ich aber nicht brauche, vielmehr habe ich das Prinzip als ein die materielle und geistige Welt im Zusammenhange gesetzlich ordnendes und erwünschten Zuständen entgegenführendes dargestellt, was man jedenfalls unter jenen Ausdrücken nicht suchen kann. Hält aber SNELL indeterministisch grundlose, d. i. gesetzlose Freiheit wesentlich zum zweckmäſsigen Ausbau der Welt, und deutet das Ver-

missen von solcher mit obigen Ausdrücken an, so deutet er damit allerdings einen wesentlichen Unterschied seiner und meiner Ansicht an.

Endlich bemerkt SNELL, dafs ich den Darwinisten an manchen Stellen Unrecht thue, weil ich, wie es scheine, dem strengen Gedankenzusammenhang des DARWIN nicht ganz die hingebende Aufmerksamkeit geschenkt habe, welche derselbe verdient. Das ist in der That sehr möglich, nur werde ich es nicht eher ändern können, als bis ich durch mehr als blofs allgemeine Ausdrücke darauf hingewiesen werde, wozu nun freilich in einer zur Kürze verurteilten Rezension nicht Raum war. Hoffentlich ist es nicht blofs die Wiederholung eines mir schon von einem Darwinianer gemachten, aber ebensowenig für mein Bedürfnis hinreichend begründeten Einwurfes.

FECHNER.

Leipzig, d. 20. Juni 74.

Hochgeehrter Herr Professor,

Ich würde Ihr letztes Schreiben schon früher beantwortet haben, wünschte Ihnen aber zugleich die von Ihnen gewissermafsen herausgeforderte Anzeige der DELBOEUFschen Schrift für die „*Jenaer Lit.-Zeitung*" mitzuschicken und konnte erst in den letzten Tagen dazu kommen, diese Schrift nochmals durchzugehen. Sie erhalten die Anzeige hierbei mit der Bitte, ihre Aufnahme in die Zeitung zu vermitteln, wenn sie nicht zu lang dafür erscheinen sollte, aber sollte ich sie kürzer halten, so würde ich überhaupt kein Interesse haben, sie zu geben, und dann um Rückgabe derselben bitten; im Fall der Aufnahme aber würde es mir lieb sein, einen Abzug davon zu erhalten.

Dafs der Gesichtspunkt, auf den PLATEAU seine Formel stützt, sich für den ersten Anblick gut ausnimmt, gebe ich gern zu, aber es ist doch auch, abgesehen von dem Ausfall der DELBOEUFschen Versuche, von dem er zum voraus die Entscheidung über die Giltigkeit seiner Formel abhängig gemacht hat, und die garnicht damit stimmen, unmöglich, sich daran zu halten. Danach könnte das WEBERsche Gesetz auch nicht einmal angenähert in gewissen Grenzen bestehen, ebensowenig ein Schwellenwert bestehen; die Thatsache aber, auf welche

Plateau seine Formel stützt, daſs ein Kupferstich in ziemlich weiten Grenzen der Beleuchtung (d. h. in denen das Webersche Gesetz approximativ besteht) merklich denselben Eindruck macht, wird von ihm offenbar ganz falsch gedeutet. Derlei beurteilen wir doch nur nach Helligkeitsdifferenzen von einem gemeinsamen Grunde, nicht nach absoluten Helligkeitsverhältnissen, wie Plateau voraussetzt. Nach seiner Formel müſsten die scheinbaren Helligkeitsdifferenzen der Teile des Kupferstichs mit wachsender Beleuchtung immer greller werden; auch wird dieselbe Thatsache, auf welche Plateau seine hypothetische Formel stützt, sowohl von Helmholtz (*Physiol. Optik* 314) als von Delboeuf (*Étude*, pag. 19) im Sinne des Weberschen Gesetzes, soweit sie seine Giltigkeit anerkennen, aufgefaſst, was mit der Plateauschen Auffassung nicht zusammenfällt. Uebrigens hat Plateau schon in den *Comptes rendus* 1872, T. LXXV, pag. 677 eine ähnliche, nur kürzere Notiz einrücken lassen, als sich in *Poggendorffs* Ann. nach *Bullet.* 1772 (1872?) findet, in welcher er, wenn ich mich recht erinnere — denn sie liegt mir augenblicklich nicht vor — am Schlusse selbst anerkennt, daſs die Giltigkeit seiner Formel durch Delboeufs Versuche widerlegt sei; wonach mich nur wundert, daſs er jene Abhandlung, in der er erst auf Delboeufs Versuche provoziert, noch jetzt an Poggendorff hat einsenden können, als wenn ihm die Widerlegung nicht schon bekannt wäre. —

In unsrer Diskussion über die negativen Empfindungswerte scheint es, daſs wir nicht zum Ziele kommen, indes haben wir wenigstens das Interesse einer wissenschaftlichen Unterhaltung darüber. Ich kann nicht zugeben, daſs meine Deutung der negativen Empfindungswerte, die aus der von mir aufgestellten Maſsformel flieſsen, irgendwie an einer mir eigentümlichen Auffassung des Bewuſstseins hängt, sondern nur an der Thatsache, daſs die Empfindung erst bei einem endlichen Reizwerte merklich zu werden beginnt, daſs die Formel diese Thatsache in sich aufnimmt, hiermit aber zugleich zu negativen Empfindungswerten führt, die dann meines Erachtens gar nicht anders gedeutet werden können, als es von mir geschieht. Hierbei kommt die Frage nach dem allgemeinen Begriff des Bewuſstseins gar nicht in Rücksicht, und wenn ich die negativen Empfindungswerte auch „unbewuſste“ nenne, so ist dies ein kurzer Ausdruck, den ich durchaus nicht durch den dabei ganz frei-

gelassenen allgemeinen Begriff des Bewufstseins, sondern durch rein faktische Verhältnisse erläutere. Natürlich aber, wenn Formeln aufgestellt werden, in welche negative Empfindungswerte nicht eingehen, wie dies mit der DELBOEUFschen und PLATEAUschen der Fall ist, fällt auch das Bedürfnis einer Deutung derselben weg; und ich habe ja schon früher erklärt, dafs ich die Notwendigkeit meiner Deutung nur für den Fall der Richtigkeit meiner Formel, insoweit überhaupt negative Empfindungswerte als Funktion unzureichender Reizwerte darin eingehen, in Anspruch nehme. Die Frage nach der Richtigkeit meiner Formel ist aber doch eine ganz andere, als die Frage nach der Richtigkeit jener Deutung im Falle der Richtigkeit der Formel. Hierin ändert sich auch durch die Ansicht nichts, welche der ungenannte Verfasser einer Schrift,* auf die Sie sich beziehen, über die Bedeutung der Schwelle ausgesprochen hat. Diese Ansicht, sowie der Name des Autors sind mir nicht unbekannt geblieben. Nun aber erkennt der Autor damit entweder die Anwendbarkeit der Mafsformel auf die innern Bewegungsverhältnisse des Gehirns an und macht nur die negativen Empfindungswerte für das Gesamtbewufstsein, statt von einer Schwelle direkter Erregung der Ganglienzellen von einer Schwelle der Leitung zwischen denselben abhängig, d. h. von einem Zurückbleiben hinter der Schwelle, dann bleibt auch meine Deutung jener Werte im Rechte und notwendig, oder er erkennt keinen Schwellenwert der Leitung, hiermit auch keine negativen Empfindungswerte an, findet hiermit überhaupt meine Mafsformel innerlich nicht zutreffend, dann fällt für ihn natürlich mit den negativen Empfindungswerten auch meine Deutung derselben weg. Um übrigens noch mit ein paar Worten auf die eigentümliche Ansicht des Verfassers einzugehen, so will derselbe, wie Sie wissen, nicht blofs den Ganglienzellen, sondern jedem Atom Empfindung vindizieren, statuiert aber keine Schwelle für die Atome, also die kleinste Bewegung mufs Empfindung geben, sie mufs sich aber auch den benachbarten Atomen irgendwie mitteilen, oder ich möchte wissen, worin der Verfasser den Widerstand gegen die Mittei-

---

* *Das Unbewufste vom Standpunkt der Physiologie und Descendenztheorie. Eine kritische Beleuchtung des naturphilosophischen Teils der Philosophie des Unbewufsten aus naturwissenschaftlichen Gesichtspunkten.* Berlin, 1872. S. 59.

lung von Wärme- und Schallschwingungen sucht, wodurch die Leitung gänzlich unterbrochen werden soll — also mufs eine Leitung stets durch das ganze Gehirn stattfinden, womit die Ansicht des Verfassers vom isolierten Bewufstsein der Ganglienzellen durch Unterbrechung der Leitung dazwischen sich von selbst aufhebt, es wäre denn, dafs er wirklich einen Schwellenwert der die Leitung vermittelnden Schwingungen statuierte, wonach er konsequenterweise einen solchen überhaupt für die Schwingungen statuieren müfste, hiermit aber seinen eigenen Voraussetzungen widerspräche. Das ganze Gehirn ist doch warm und sonst in lebendiger Erregung; meint er*, dafs sich irgendwo ein absolut kaltes Atom zwischen die Gehirnzellen einschiebt?

Mit freundschaftlicher Hochachtung

der Ihrige

Fechner.

* Sie durften sich überrascht finden, den Autor zu erfahren, doch glaube ich nur ein zweifelhaftes Recht zu haben, ihn zu nennen.

J. Delboeuf. **Étude psychophysique.** *Recherches théoriques et expérimentales sur la mesure des sensations et spécialement des sensations de lumière et de fatigue.* [Extrait du tome XXIII des mémoires couronnés et autres mémoires publiés par l'académie royale de Belgique]. Bruxelles, F. Hayez, 1873. 115, [1] S. 8⁰.

Dieses Schriftchen ist der Beachtung aller derer wert, welche sich überhaupt für psychophysische Untersuchungen interessieren. Es findet sich darin die doppelte Aufgabe gestellt, und beide Aufgaben sowohl von theoretischer als experimentaler Seite in Angriff genommen, erstens die Gültigkeit des in meinen „*Elementen der Psychophysik*“ vertretenen Weberschen Gesetzes und der davon abhängig gemachten Formeln zu prüfen, und, insofern der Verfasser sowohl theoretischen als experimentalen Anlafs findet, von meinen Grundformeln abzuweichen, diese durch geeignete Modifikationen derselben (pag. 34, 35) zu ersetzen; zweitens den Grund und das Gesetz zu bestimmen, aus welchem und nach welchem das Gefühl der Erschöpfung oder Ermüdung bei Muskelanstrengungen und die von ihm unter denselben Gesichtspunkt gefafste Schwächung von Sinneseindrücken durch Ermüdung zu stande kommt, hierauf entsprechende Formeln zu begründen, als er im Sinne der ersten Aufgabe für die Abhängigkeit positiver Empfindung vom Reize zu begründen versucht hat, und durch Kombination der beiderlei Formeln (pag. 42)

das Verhältnis der Empfindung zum Reize in der ganzen Reizskala, einschliefslich der unteren und oberen Abweichung vom WEBERschen Gesetze, zu repräsentieren. Theoretisch bezieht er sich dabei auf das Empfindungsgebiet im allgemeinen, seine Experimente beschränken sich auf das Gebiet der Lichtempfindung und der Muskelanstrengung.

Da die Schrift den gröfseren Teil ihrer Bedeutung in dem Hinausgehen über meine eigenen Untersuchungen sucht, werde ich im folgenden wesentlich Rückgang auf diese zu nehmen haben.

Insoweit sich nun unsere beiderseitigen Untersuchungen begegnen, kann ich mich weder seinen Einwänden fügen, noch die Modifikation, die er an meinen Formeln vornimmt, für eine Verbesserung derselben ansehen, wovon unten. Aber ich lege grofses Gewicht auf seine experimentale Durchführung einer, zwar nicht von ihm selbst erdachten, sondern von PLATEAU an die Hand gegebenen, wesentlich neuen Methode, das Abhängigkeitsgesetz der Empfindung vom Reize zu untersuchen, auf die Umsicht und Sorgfalt, mit der diese Durchführung von ihm geschehen ist, die geschickte und variierte Anordnung der Versuche und scharfsinnige Verwertung derselben durch Rechnung und in Folgerungen, woraus einige schöne, zu bestimmten Resultaten führende, Beobachtungstabellen mit manchen sehr interessierenden Nebenbemerkungen hervorgegangen sind, und erkenne hierin eine wesentliche Bereicherung psychophysischer Methoden an.

Nicht minder liegt ein Verdienst des Verfassers darin, die zweite Aufgabe tiefer als bisher gefafst und wenigstens den Versuch gemacht zu haben, Formeln im Sinne derselben auf einen rationell erscheinenden Gesichtspunkt zu begründen, auch solche empirisch zu bewähren; und wenn schon seine Experimente in Betracht der Schwierigkeiten, die sich dabei herausgestellt haben, nach seinem eigenen Geständnis nicht zureichen, die Gültigkeit seiner Formeln zu beweisen, sind doch seine Beobachtungen und Versuche seinen Voraussetzungen und Formeln eher günstig als ungünstig, und werden auch bei künftigen Untersuchungen in diesem Felde zu berücksichtigen sein.

Bei aller Anerkennung dieser Verdienste kann ich aber nicht finden, dafs der Verfasser durch seine Experimente betreffs der ersten Aufgabe in irgend einem wesentlichen Punkte über das hinausgeführt worden ist, was man schon in meinen „*Elementen*“ findet, und eine Berechtigung zur Modifikation meiner Formeln daraus hervorgeht; und wenn sich dies nach der Darstellung des Verfassers selbst sehr anders ausnimmt, liegt es nur darin, dafs er theoretische und experimentale Einwände nicht recht scheidet und ebenso wenig die Bedeutung meiner Formeln für die innere und äufsere Psychophysik scheidet. Gewifs ist, dafs die von mir für mittlere Grenzen des Augengebrauches in Anspruch genommene approximative Gültigkeit des WEBERschen Gesetzes, worauf ich in der Hauptsache fufse, durch seine Versuche und sogar seine eigenen Erklärungen (pag. 22, 46) aufs beste bestätigt wird; ebenso gewifs, dafs die untere Abweichung von diesem Gesetze, die der Verfasser gegen mich wendet, in meinen „*Elementen*“ schon eingehend berücksichtigt und selbst in eine Formel (*Elem.* II. S. 195) aufgenommen ist, die zur Repräsentation

seiner Versuche ganz dasselbe leistet, als seine eigene modifizierte Formel (pag. 35 B′), da der Unterschied beider sich in der Anwendung auf diese Versuche eliminiert; auch kann der Verfasser sich leicht selbst überzeugen, dafs die von ihm zur Berechnung seiner Versuche angewandte Spezialformel (pag. 58 LI) aus unsern beiderseitigen Formeln identisch folgt, nur dafs eine für diese Versuche gleichwertige Konstante darin theoretisch etwas verschieden von uns gedeutet wird. Wonach im Grunde nicht zu begreifen, worin der Verfasser die experimentale Berichtigung meiner Formeln, womit er seiner theoretischen Bestreitung derselben zu Hülfe zu kommen meint, sucht. Vielmehr erhalten diese Formeln durch seine Versuche eine willkommene Bestätigung gegenüber der, von Plateau (in „*Poggendorffs Ann.*“ CL. 465) hypothetisch mir entgegengestellten Formel, die nicht wie die des Verfassers blofs eine Modifikation meiner Hauptformel ist, sondern total davon abweicht, eine willkommene insofern, als Plateau selbst die Entscheidung der Gültigkeitsfrage seiner Formel von dem Ausfalle der nach seiner Methode von Delboeuf vorzunehmenden Versuche abhängig gemacht hat.

Indes aber diese Versuche keine Entscheidung zwischen meinen und des Verfassers Formeln bieten, mache ich gegen letztere und folgeweis gegen die ihnen unterliegende Theorie, auf die spezieller einzugehen die Raumbeschränkung verbietet, geltend: 1. dafs danach kein Schwellenwert der Empfindung besteht, sondern die Empfindung beim kleinsten Reizwerte beginnt, was faktisch unrichtig ist; 2. dafs diese Formel von Empfindungen, die normalerweise schon ohne äufsern Reiz vorhanden sind (wie es die Empfindung des Schwarz im Auge ist), keine Rechenschaft geben, oder dazu eine (pag. 35 in einer Anmerkung erwähnte) Erweiterung fordern, die in Widerspruch mit des Verfassers Prinzipien (pag. 29) ist, indes sie zur Erklärung abnormerweise entstehender subjektiver Phänomene der Zuziehung einer sehr gezwungenen Hypothese (pag. 28) bedürfen; dafs 3. seine Formeln unterschiedslos für äufsere und innere Psychophysik geltend gemacht und selbst Formeln, die ich meinerseits nur für letztere geltend gemacht, mit Thatsachen der ersteren bestritten werden.

Schon früher hat Aubert in seiner „*Physiologie der Netzhaut*“ (Breslau, Morgenstern), welche dem Verfasser unbekannt geblieben ist, auf Grund sehr sorgfältiger Versuche, welche viel weiter herab als die des Verfassers gehen, Einwürfe ähnlicher Art als der Verfasser gegen meine Vertretung des Weberschen Gesetzes aus dem Mifsverständnisse erhoben, dafs ich dasselbe in der äufseren Psychophysik über die Grenzen des mittleren Augengebrauches hinaus noch als genaues oder approximatives vertrete, indes ich in den „*Berichten d. sächs. Gesellsch. d. Wissensch.*“ 1864 gezeigt habe, dafs Auberts Versuche selbst die approximative Gültigkeit desselben in jenen Grenzen bestätigen, zugleich aber habe anerkennen müssen, dafs jene Formel (*Elem.* II, 195), wodurch ich die Abweichung vom Weberschen Gesetze nach unten in der äufseren Psychophysik zu decken gesucht, nicht ganz ausreicht, ohne dafs dadurch gegen die reine Gültigkeit des Weberschen Gesetzes in der inneren Psychophysik bewiesen ist. Dieselbe Unzulänglichkeit erstreckt sich nach diesen Ver-

suchen auf die DELBOEUFsche Grundformel, trifft sie aber eben damit härter, dafs der Verfasser keinen Unterschied in ihrer Anwendung für äufsere und innere Psychophysik macht.

Die theoretischen Einwände des Verfassers wenden sich hauptsächlich gegen die negativen Werte der Empfindung, welche aus meiner Mafsformel fliefsen, und über die ich im 18. Abschnitte der *„Elemente“* eine Rechenschaft gegeben, an der ich noch jetzt halte. In des Verassers Hauptformel gehen natürlich solche negative Werte nicht ein, weil die Thatsache der Schwelle nicht darein eingeht, ohne dafs der Verfasser angiebt, wie seine Formel gegen diese Thatsache bestehen kann, und wie man negativen Empfindungswerten im Sinne meiner Deutung entgehen kann, wenn sie besteht. Nun aber mifsversteht der Verfasser selbst diese Deutung gänzlich, wenn er mir (pag. 28) unterlegt, ich verstehe unter negativen Empfindungswerten „sehr schwache“ Empfindungen, von denen man kein Bewufstsein hat, da ich vielmehr darunter ebenso das Mafs der Entfernung vom Eintritt einer wirklichen Empfinfung als Funktion des dazu unzulänglichen Reizgrades verstehe, wie ich unter positiven Empfindungswerten den Grad der Erhebung über diesen Nullpunkt derselben verstehe. Der Verfasser macht ferner die Willkür, mit der man den Anfangspunkt oder Nullpunkt einer Abscisse oder Thermometerskala verlegen kann, gegen meine Annahme eines Nullpunktes der Empfindung bei einem gegebenen Reizwerte geltend, während doch faktisch hierbei keine Willkür besteht, indem die Empfindung wirklich erst bei einem bestimmten Reizwert eintritt, d. i. den Nullwert übersteigt. In Einwürfen dieser Art kann ich nur Verfehltes finden.

Noch sind die Menge Rechnungsversehen zu bedauern, die der Verfasser begangen hat. In der 4. Längskolumne der wichtigen Versuchs- und Rechnungstabellen S. 54, 60, 62 müssen (nach zweimaliger Durchrechnung von mir) statt folgender Zahlen 97,4; 119,5 die folgenden stehen 95,1; 120,3; und in der fünften Kolumne statt folgender: 242,2; 128,7; 202; 117,8; 152,5; 98,1; 120,05; 178,2 die folgenden: 243,3; 128,8 194,6 (!); 118,0; 152,6; 95,2; 120,5; 175,9, das sind 10 Versehen unter 28 Zahlen; und pag. 83 und 84 mufs 0,33 für 0,53 stehen.

Nach all dem sei die Schrift der Aufmerksamkeit der Forscher bestens empfohlen.

FECHNER (Leipzig).

Jena, am 24. Juni 1874.

Hochgeehrter Herr Professor,

Hocherfreut über Ihr Manuskript, spreche ich Ihnen auch im Namen der Redaktion unserer Literaturzeitung unsern wärmsten Dank aus. Sie erlauben wohl, dafs wir in der Überschrift unter den Titel der Delboeufschen Schrift in den von Ihnen leer gelassenen Raum den Titel der Plateauschen Abhandlung einrücken. Auch meine letzten Skrupel in betreff der letzteren hat Ihr Brief beseitigt. Aber

in betreff des Hauptpunktes der Diskussion, der Deutung der negativen γ-Werte, ist allerdings eine Übereinstimmung nicht erzielt. Es ist vielleicht nicht überflüssig, wenn ich zuerst ausspreche, dafs ich Ihre Formeln überhaupt nicht antaste, vielmehr dafür halte, dafs sie ein sehr angenäherter Ausdruck der Thatsachen sind. Nun hat aber die Mafsformel eine obere und untere Gültigkeitsgrenze. Die obere kommt hier zunächst nicht in Betracht. Die untere erklären Sie (für Licht) meines Erachtens ausreichend und sagen, dafs, wenn die Mafsformel innerhalb jener Grenzen richtig ist, so ist sie auch unterhalb der unteren empirischen, durch Nebenumstände bedingten Gültigkeitsgrenze principiell richtig. Die Formel ergiebt hier, nämlich für Reizwerte kleiner als der Schwellenreiz, negative Empfindungswerte. Diese müssen irgend welchen Sinn haben. Man mufs sie deuten. Bis hierher ist keine die konkrete Frage unmittelbar treffende sachliche Differenz zwischen Ihnen und mir, denn auch ich bin der Meinung, dafs jede Empfindungsformel zu negativen γ-Werten führen mufs, die zu deuten sind. Erst wo diese Deutung beginnt, beginnt die Meinungsdifferenz. Sie sagen: nur Ihre Deutung sei zulässig; ich sage: mehrere Deutungen sind möglich, und schlofs mich der Ihrigen unter anderem deshalb nicht an, weil Sie bisher stets negative Empfindungen und unbewufste Empfindungen identifizierten, geradezu die negativen γ-Werte für Grade oder Stufen des Unbewufstseins, für Ausdrücke ungleicher Tiefen des Unbewufstseins erklärten. Ich konnte und kann diese Ansicht deshalb nicht teilen, weil man dann auch **ebenso** mit den $+\ \gamma$-Werten verschiedene Stufen oder Grade des Bewufstseins, gewissermafsen ein Unterbewufstsein, ein Bewufstsein und ein Überbewufstsein würde unterscheiden müssen, worin etwas Willkürliches liegt. In dieser (im übrigen unzweifelhaft schon durch ihren psychologischen Wert sich empfehlenden) Deutung sah ich bis jetzt das Spezifische Ihrer Deutung der negativen Empfindungswerte, war daher überrascht, aus Ihrem letzten Briefe zu ersehen, dafs Sie die negativen Empfindungswerte mehr der Kürze wegen „unbewufste" nannten und bei ihrer Auslegung den allgemeinen Begriff des Bewufstseins ganz frei lassen. Dann bleibt aber von der ganzen Auslegung, soviel ich sehe, nichts übrig, als dafs die negativen Empfindungswerte Funktionen der subliminalen Reize sind, ohne dafs man sonst irgend etwas über sie aussagen oder sie psychologisch verwerten könnte. Sie sind dann nur imaginär. Es bleibt dann freilich keine andere Auslegung übrig. Aber ist dieses überhaupt eine Auslegung der negativen γ-Werte, zu denen die Formel führt? Es kommt doch zu dem, was die Formel

sagt, nichts hinzu, wenn man sagt, dafs γ negativ wird, falls $\beta < 1$ wird (ich meine in der Formel $\gamma = \log \beta$). Um aber die Frage zu beantworten: wodurch unterscheidet sich in der Natur das $-\gamma$ vom $+\gamma$, um also die $-\gamma$ wirklich zu deuten, mufs man, meine ich, irgend etwas angeben, was dem Entferntsein des negativen Wertes vom Nullpunkt entspricht. Andernfalls verzichtet man auf eine Interpretation derselben, und die negativen γ-Werte sind nichts als Zahlen, nichts als die Logarithmen von anderen Zahlen mit negativen Vorzeichen. Denn wenn z. B. die Formel die Empfindungsstärke $-\infty$, oder -100, oder -1 ergiebt, so kann man sich dabei schlechterdings keine Verschiedenheit der Empfindungsstärke, kein ungleiches Entferntsein derselben vom Nullpunkt der Empfindung vorstellen, ohne irgend etwas mitzubringen oder hinzuzuthun, was nicht in der Formel liegt, z. B. den Begriff des Bewufstseins. Sowie aber dieser hinzutritt, sind mehrere Deutungen möglich, was Sie, wie ich glaube, nicht bestreiten. Bei Ihrer Auffassung mufs man nach Abzug alles dessen, was mit dem Bewufstseinsbegriff zusammenhängt, fragen: was ist ungleich entfernt vom Nullpunkt? Die genaue Antwort kann aber nur lauten: die Empfindungsstärke. Empfindungen sind aber unter der Schwelle nicht da (nach Ihrer Auffassung), wie kann also überhaupt noch von Empfindungsstärke die Rede sein? Es bleibt nur der rein mathematische Sinn, nur das imaginäre Empfinden übrig, womit keine Auslegung der negativen Empfindungswerte gegeben ist.

Sollte ich mich hier zu bestimmt ausgedrückt haben, so wollen Sie dieses gütigst mit Nachsicht aufnehmen und dem Wunsche möglichst klar zu sein und aufgeklärt zu werden zu gut halten.

Was speziell die Hartmannsche Deutung der negativen Empfindungswerte betrifft, so bin auch ich Ihrer Meinung, dafs sie grofse Mängel hat, aber sie scheint mir nicht unhaltbar. Denn ich kann mir die Unterbrechung der Leitung zwischen den Ganglienzellen sehr wohl vorstellen, z. B. durch Auseinanderrücken derselben, wodurch die neuerdings entdeckten beispiellos feinen Verbindungsfasern zerreifsen, die vielleicht ebenso schnell sich neu bilden können, wenn die psychophysische Bewegung stark genug wird. Oder es könnte ohne Ortswechsel der Ganglienzellen durch eine Zusammenschnürung die Leitung zeitweilig unterbrochen werden. Übrigens sind solche fast abenteuerliche Dinge dann überflüssig, wenn man keine Leitungsunterbrechung, sondern nur eine zeitweilige enorme Verschlechterung der Leitung annimmt für Schwingungen jeder Art. Ich erwähnte diese Ansicht nur, weil sie von der Ihrigen abweicht und doch mit Ihrer Mafs-

formel sich verträgt, ohne sie, so wie sie formuliert wurde, geradezu vertreten zu wollen. Auch mir war der Name des Urhebers derselben bekannt und ich habe nun keine Verpflichtung mehr, ihn zu verschweigen. Als ich im November 1872 das anonyme Buch zum erstenmale gelesen hatte, war ich sofort sicher, dafs es kein Naturforscher, wenigstens kein Physiologe geschrieben haben konnte und dafs es jemand, der mit Hartmann in sehr intimem persönlichen Verkehr stehe, geschrieben haben müsse, also jemand in Berlin. Alle meine Erkundigungen, den Namen des Autors zu erfahren, waren aber vergeblich. Ich erfuhr u. a., dafs nur äufsere Gründe ihn verhinderten sich zu nennen, dafs man durch die Verlagshandlung mit ihm in wissenschaftlichem brieflichem Verkehr stehe. Dühring lehnte mit Entrüstung die Autorschaft ab, er sei nicht gewillt, und sei es auch nur als „ein Gegner, an dem Triumphwagen des Mannes zu ziehen", der den „metaphysischen Königstrank" erfunden. Bei der zweiten Lektüre des Buches wurde ich von der aufserordentlichen Ähnlichkeit des Stils mit dem der „Philosophie des Unbewufsten" frappiert. Erst bei der dritten Lesung und Vergleichung mit der „Philosophie des Unbewufsten" und anderen Schriften Hartmanns gewann ich durch die Übereinstimmung in der Sprache die Überzeugung, dafs nur E. v. Hartmann der Verfasser sein könne, was mir denn auch bald darauf aus sicherster Quelle als Thatsache mitgeteilt wurde. Das ungewöhnliche Interesse, welches dieses Buch für mich hat, indem es Ansichten im Zusammenhang ausspricht, die ich selbst zum Teil schon länger hegte und sogar in akademischen und öffentlichen Vorträgen seit 1866 angedeutet hatte, entschuldigt mich gewifs bei Ihnen, dafs ich hier so breit darüber schreibe.*

In verehrungsvoller Ergebenheit

Ihr

PREYER.

N. S. Auf die Bemerkung am Schlusse Ihres Briefes, dafs doch das ganze Gehirn warm und in lebendiger Erregung sei und ein absolut kaltes Atom sich nicht zwischen die Zellen schieben lasse, möchte ich entgegnen, dafs zwar das Gehirn warm und in Erregung

---

* *In einem nicht an mich gerichteten Privatbrief, dessen Inhalt aber hier bekannt ist.* [P. 1874]

ist, aber jedenfalls jede Ganglienzelle oder Ganglienzellengruppe ihre besondere Temperatur hat und erst nach dem Tode eine Ausgleichung statthat. Ebenso die Erregung. Jede Ganglienzelle führt meiner Ansicht nach eine Sonderexistenz und die Schwelle als Funktion des Leitungswiderstandes anzusehen, hat mir etwas ungemein Plausibles.

D. O.

Leipzig, d. 26. Juni 74.

Hochgeehrter Herr Professor,

Da ich kein prompter Briefschreiber bin, werden Sie sich über meine zeitige Antwort wundern. Indes möchte ich mit meinem Danke für die Annahme der Anzeige der Delboeufschen Schrift für die „*Jenaer Lit.-Zeitung*“ einen Gegenwunsch dagegen ausdrücken, sie durch die Überschrift zugleich auf die Plateausche Abhandlung zu beziehen, da sie auf diese bloſs ganz beiläufig Bezug nimmt und ich in der Anzeige immer nur von einem „Verfasser“ schlechthin spreche, dann aber zwei Verfasser zu unterscheiden hätte; kurz, die Haltung der Anzeige möchte darunter leiden. Ich denke aber nachträglich einen kleinen Artikel bezüglich der Plateauschen Abhandlung, unter Mitbezugnahme auf die Anzeige der Delboeufschen Schrift an Poggendorff einzusenden.

Hierbei nehme ich zugleich Gelegenheit, unsere Diskussion über das alte Thema etwas fortzuspinnen.

In meinem vorigen Briefe habe ich gesagt, daſs ich bei meiner Deutung der negativen Empfindungswerte den Begriff des Bewuſstseins ganz frei lasse, und, wenn ich diese Werte unbewuſste nenne, dies der Kürze wegen thue. In der That verhält es sich so mit der fundamentalen Deutung dieser Werte; doch ist der Ausdruck unbewuſst allerdings nicht bloſs durch Kürze motiviert, vielmehr finde ich mich nach jener Deutung, welche vom Allgemeinbegriff des Bewuſstseins ganz abstrahiert, im stande, das ganze unbewuſste Seelenleben, was man so nennt, in psychophysischen Thätigkeiten unter der Schwelle ablaufend zu denken und dadurch auf einen klaren Gesichtspunkt zurückzuführen, den ich bisher vermiſst habe; es ist damit etwas aufweisbar, was nicht auf die psychische, sondern

physische Seite der Erscheinung, als unvollständige Bedingung des Eintrittes der psychischen, fällt. Insofern hat allerdings der Name „unbewufste“ Empfindung Beziehung zu den herrschenden Ansichten über Bewufstsein; meine Deutung stützt sich aber nicht darauf, sondern umgekehrt kann sich eine Ansicht über das Verhältnis von Bewufstsein und Unbewufstsein auf meine Deutung der negativen Empfindungswerte stützen.

Sie sagen: „Um die — γ wirklich zu deuten, mufs man, meine ich, irgend etwas angeben, was dem Entferntsein des negativen Wertes vom Nullpunkt entspricht. Andernfalls verzichtet man auf eine Repräsentation derselben, und die negativen γ-Werte sind nichts als Zahlen, nichts als die Logarithmen von anderen Zahlen mit negativen Vorzeichen.“ Aber versuchen Sie doch, mit den Logarithmen der Logarithmentafeln das unbewufste Seelenleben zu repräsentieren, ohne ihnen die Bedeutung unterzulegen, die ich im Zusammenhange nach positiver und negativer Seite in der Mafsformel dafür in Anspruch nehme; und wollen Sie nur nicht vergessen, dafs die Mafsformel überhaupt keine rein psychologische Formel ist, sondern eine Formel, die angeben soll, welches Verhältnis die Empfindung in Abhängigkeit vom Reize hat. Dieses Abhängigkeitsverhältsnis durch die Reizskala hindurch will sie decken, und da die Empfindung bei positiven Reizwerten unter der Schwelle noch nicht da ist, aber sich der Entstehung um so mehr nähert, je mehr der Reiz dem Schwellenwerte zu wächst, so wird dies durch immer mehr abnehmende negative Empfindungswerte dargestellt. Gröfsere negative Empfindungswerte bedeuten insofern eine gröfsere Entfernung vom Eintritt wirklicher Empfindung, als die Reizwerte, von denen sie abhängen, von dem Grade, wo Empfindung beginnt, entfernter sind; sie weisen also auf diese gröfsere Entfernung hin, lassen die Entstehungsbedingungen der Empfindung unter der Schwelle in Zusammenhang mit denen oberhalb der Schwelle nach einer gemeinsamen Funktion verfolgen, wonach sie eben unter der Schwelle ebensowenig als die positiven Empfindungswerte oberhalb der Schwelle den Reizwerten einfach proportional gesetzt werden dürfen, was den mathematischen Konnex aufheben würde. Rein psychologisch genommen, sage ich selbst, unterscheidet sich eine negative Empfindung nicht von einer

Null-Empfindung, wohl aber psychophysisch, und zwar auf eine ganz angebbare Weise nach ihrem Abhängigkeitsverhältnisse vom Reize oder der psychophysischen Bewegung, indes Sie das Angebbare im psychologischen Gebiete für sich aufgezeigt haben wollen, wofür die Maſsformel nicht gemacht ist. Das ändert sich nicht, wenn Sie für einen Schwellenwert der Reizung einen Schwellenwert der Leitung in die Formel substituieren, und irgend einen physischen Schwellenwert müssen Sie doch darin substituieren, um sie nicht fundamental zu verwerfen. Bei jeder Annahme einer Schwelle aber erhalten Sie notwendig negative Empfindungswerte daraus, und ich frage nun, welche von der meinigen abweichende Deutung Sie dafür noch möglich halten, denn Ihre Einwürfe haben mich im Grunde doch im Unklaren darüber gelassen. Entweder müssen es wirkliche oder nicht wirkliche Empfindungen oder ein Zwischenwert dazwischen sein; können Sie aber anders als ich in dieser Hinsicht wählen? Zu dem, was Sie selbst von der Möglichkeit einer verschiedenen Deutung der negativen Empfindungswerte angeführt haben, kann ich nur die Möglichkeit, sich die physische Begründungsweise der Schwelle und mithin der davon abhängigen negativen Empfindungswerte verschieden zu denken, erkennen.

Sie nehmen bei Gelegenheit dieser Besprechung mindestens bedingterweise die Hartmannsche Ansicht von der Schwelle des Totalbewuſstseins als bezüglich auf die Leitung zwischen den Ganglienzellen in Schutz. Und ich selbst kann im Prinzip nichts gegen die Möglichkeit einer solchen Auffassung einwenden, da ich ja selbst in der inneren Psychophysik die Diskontinuität des Bewuſstseins zwischen verschiedenen psychophysischen Systemen und selbst Teilen eines solchen davon abhängig mache, daſs die psychophysische Thätigkeit zwischen ihnen unter die Schwelle sinkt, was recht wohl als ein Sinken der Leitung zwischen ihnen unter die Schwelle gefaſst werden kann. Ob man eine solche Bewuſstseinsdiskontinuität selbst zwischen den einzelnen Ganglienkugeln z. B. im Schlafe statuieren will, ist Glaubenssache, und fragt sich, was man mit dieser Hypothese erreichen will und erreichen kann; ich lasse das hier dahingestellt, werde es aber nicht zu meiner Hypothese machen. Nur dagegen muſs ich mich prinzipiell erklären, daſs Hartmann die Schwelle fundamental auf Leitung bezieht, ohne

für die psychophysisch thätigen Grundelemente, wozwischen die Leitung stattfindet, eine Schwelle anzuerkennen. Wenn die kleinste Schwingung eines Atoms Empfindung mitführt, so weifs ich nicht, worauf die Unterbrechung der Kontinuität der Empfindung im Gehirn zu irgend einer Zeit beruhen soll, da, wie ich sagte, das ganze Gehirn mindestens warm ist. Lassen Sie Fasern zwischen den Ganglienzellen reifsen, so schiebt sich Flüssigkeit oder sonst etwas ein, was auch warm ist. HARTMANN spricht von einem Widerstande der Leitung, der überwunden werden mufs, soll Kontinuität des Bewufstseins bestehen; aber es bleibt nicht blofs ganz unklar, was er sich unter diesem Widerstande denkt, sondern ich halte einen solchen Widerstand unmöglich, wenn jede kleinste Schwingung Empfindung giebt; nichts unterbricht dann die Mitteilung davon von einem zum nächsten Atom. Mit dem Namen Widerstand ist es doch nicht abgemacht, man mufs sich etwas darunter denken, was anderm, das man gedacht hat, nicht widerspricht. Abgesehen davon teile ich die Fundamentalansicht HARTMANNS, die übrigens schon vor ihm von ZÖLLNER in seinem Kometenbuche ausgesprochen ist, dafs jedes Atom schon für sich Empfindung hat, nicht, sondern halte Bewufstsein überhaupt für eine innere Erscheinung der Wechselwirkung der Materie; dazu gehören aber mindestens zwei Atome. Der Grund, dafs Zusammensetzungen der Atome kein Bewufstsein geben könnten, wenn nicht schon die einzelnen solches hätten, zieht nicht; ebensogut könnte man sagen: wenn nicht schon in den einzelnen Punkten des Kreises, Vierecks ein Kreis, ein Viereck steckte, könnte auch aus der Zusammenordnung derselben keines entstehen. Verbindung, Wechselwirkung ist eben etwas Neues, woraus etwas Neues entstehen kann, das auch seiner Möglichkeit nach nicht in den einzelnen Elementen als solches enthalten ist. Hierüber aber mag sich streiten lassen.

Es hat mich interessiert, zu erfahren, dass die Autorschaft HARTMANNS an seinem neuen Buche allmählich notorisch zu werden anfängt. Bequem kann ihm das nicht sein, da er zur selben Zeit, wo er sein gröfseres Werk stereotypieren läfst, die darin enthaltene Lehre in ihren wesentlichsten Punkten selbst aufgiebt und sich eines grofsen Geschreis deshalb gewärtigen mufs.

Schliefslich fällt mir noch ein, dafs Sie oder die Redaktion der „*Lit.-Zeitung*“ den Titel der PLATEAUschen Abhandlung zu

dem der DELBOEUFschen Schrift vor meiner Anzeige der letzteren vielleicht deshalb hinzugefügt wünschen, um die verhältnismäfsige Länge dieser Anzeige zu motivieren und damit einen Präzedenzfall für Andere zu vermeiden, und könnte dies der Redaktion freilich nicht verdenken. Sollte es nun wirklich so sein, so würde ich nicht umhin können, mich diesem Motiv zu fügen und würde nur wünschen, dafs die Anzeige dann etwa so begönne: „Die erstgenannte Schrift, auf welche sich diese Anzeige in der Hauptsache, nur mit Nebenberücksichtigung der zweiten, eine blofse Abhandlung, bezieht, verdient die Beachtung“ u. s. w.

Mit vorzüglicher Hochachtung

Der Ihrige

FECHNER.

Jena, am 11. Juli 1874.

Hochgeehrter Herr Professor,

Die Titelangabe der Plateauschen Abhandlung in der Überschrift Ihrer Besprechung ist auf Ihren Wunsch eliminiert worden. Ich sende Ihnen bald einige Separatabdrücke der Anzeige und hoffe, dafs sie frei von Druckfehlern sei. Zugleich wiederhole ich Ihnen unseren Dank für diese Mitteilung. Jede fernere Kritik einer bedeutenden neuen Erscheinung aus Ihrer Feder wird unserer Literaturzeitung hochwillkommen sein.

In Bezug auf die übrigen Punkte Ihres Briefes gestatten Sie zunächst die Bemerkung, dafs die jetzt von Ihnen vollzogene Sonderung der negativen und unbewufsten Empfindungswerte nicht im Einklang mit dem 18. Kap. Ihrer „Elemente“ zu stehen scheint, wo unbewufste und negative Empfindungen identifiziert werden. Sodann kann ich der Zerfällung der Mafsformel in eine psychologisch und eine psychophysisch zu deutende, bis jetzt wenigstens, mich nicht anschliefsen. Wenn Sie eine Formel für die Abhängigkeit der psychophysischen Bewegung vom Reize aufgestellt hätten, wäre von psychologischer Deutung nicht notwendig zugleich die Rede. Aber es ist die Empfindungsstärke in ihrer Abhängigkeit von der psychophysischen Bewegung, welche Ihre Formel angiebt. Mit dieser ist meines Erachtens notwendig zugleich das Bewufstsein in die Formel

gezogen, da verschiedene Empfindungsstärken, d. h. verschiedene Empfindungen, nicht nur nicht ohne Zuziehung des Bewufstseinbegriffs gedacht werden können, sondern selbst eine fundamentale Bewufstseinserscheinung sind. Soll also die Mafsformel, und sollen speciell die negativen γ, die aus ihr fliefsen (psychologisch) gedeutet werden, so mufs man zuvor eine bestimmte Auffassung des Bewufstseins haben. Von dieser Auffassung wird dann die Deutung wesentlich abhängen. Sieht man aber ganz ab vom Bewufstsein, so sehe ich nicht, wie die Formel noch einen realen, einen über die mathematische Beziehung hinausgehenden Inhalt haben kann. Denn jede Empfindungsstärke ist durch einen gewissen physiologischen Zustand eine gewisse Affektion des Bewufstseins, ein Bewufstseinszustand.

Nehmen Sie den Bewufstseinsbegriff fort, so fällt auch der Begriff der Empfindungsstärke fort und es bleiben nur Zahlen, nicht mehr das Gemessene, sondern die Ziffern des Mafsstabes. Es scheint mir nicht zulässig — physiologisch — eine wirklich vor sich gehende organische Bewegung, wie die psychophysische, von Null an über die Schwelle bis zu einem Maximum ablaufen zu lassen, ohne dafs unter der Schwelle ebenso wie über ihr irgend etwas Wirkliches mit ihr sich verändert. Wenn die γ-Werte **nur** *eine gröfsere oder geringere Entfernung vom Eintritt der Empfindung bedeuten, so ist geometrisch unzweifelhaft nichts gegen solche räumliche Umschreibung der Formel einzuwenden, aber sie ist dann nicht mehr psychologisch* **und** *nicht mehr physiologisch. Denn wenn Veränderungen eines Zustandes in funktionelle Abhängigkeit von Veränderungen eines anderen Zustandes gebracht sind, kann doch der eine Zustand ebensowenig wie der andere eliminiert oder durch eine (räumlich veranschaulichte) Abstraktion ersetzt werden. Es würde dann die physiologische Abhängigkeit in eine mathematische, die materiale in eine formale verwandelt werden. Wenn Sie einen gewissen Bewufstseinszustand (beim Schwellenreiz) nehmen und die Entfernung aller anderen (homogenen, durch stärkere oder geringere Affektion des Bewufstseins von jenem unterschiedenen) Bewufstseinszustände von diesem Punkte messen, so wird doch stillschweigend vorausgesetzt, dafs die Mefsresultate immer auf einen psychischen Zustand — abhängig von einem physischen — sich beziehen. Also postuliere ich für jeden Reizwert unterhalb der Schwelle (ebenso wie über ihr) einen bestimmten, durch Ihre Mafsformel gegebenen, psychischen Zustand, man kann ihn negative Empfindung nennen. Er ist immer ein Bewufstseinszustand, indem ich annehme, dafs auch die geringste psychophysische Bewegung das Bewufstsein*

irgendwie affiziert. Näher denke ich mir, daſs jede Ganglienzelle eine Sonderexistenz führt, ihre psychophysische Bewegung für sich behält, so lange sie schwach ist, ihr Privatbewuſstsein ebenso. Wenn sie aber stark erregt wird, kann sie die Erregung nicht mehr für sich behalten. Die Nachbarzellen werden mit erregt, und wenn sehr viele Ganglienzellen in starker psychophysischer Bewegung sich befinden, ist eine positive Empfindung da, indem nun die Sonderbewuſstseine sich zu einem Gesamtbewuſstsein vereinigt haben. Dieses letztere wandert im Gehirn je nach der gerade am stärksten erregten Ganglienzellengruppe, und das Hauptbewuſstsein, welches den Namen Ich hat, ist in ihm stets enthalten. Unterhalb der Gesamtbewuſstseinsschwelle existiert es nur potenziell. Die verschiedenen positiven γ-Werte der Maſsformel (die Empfindungsstärken) sind durch ungleiche Erhebung über die Ich-Schwelle unterschiedene psychische Zustände, die negativen bedeuten Zustände, welche durch das, was ihnen an dem Zustand der Schwellenempfindung fehlt, voneinander unterschieden sind. Hiernach bezeichnet jedes $-\gamma$ einen wirklichen Zustand, der durch den Abstand von $\gamma = 0$ charakterisiert ist; Ihnen zufolge bezeichnet jedes $-\gamma$ jenen Abstand selbst.

Eine gänzlich andere Deutung erhalten die negativen Empfindungswerte, wenn man das Bewuſstsein nicht als Summationserscheinung faſst, was sich, ohne den Thatsachen Zwang anzuthun, durchführen lieſse, wie ich glaube. Jedenfalls ist mehr als e i n e Deutung der Maſsformel zulässig, sowie der Nachweis gelingt, daſs keine Trennung des Bewuſstseinsbegriffes vom Begriff der Empfindungsstärke zulässig ist. Hiervon hängt alles ab. Betrachte ich die Maſsformel ohne das Bewuſstsein hereinzuziehen, so wird sie leer, sie hört auf Lebensvorgänge zu repräsentieren, was sie doch soll. Ich meine, der Begriff des Bewuſstseins läſst sich von der Wertfolge der γ ebenso wenig trennen, wie die lebendige Kraft der psychophysischen Bewegung von dieser selbst.

So auſserordentlich wichtig die Thatsache der Schwelle selbst ist, — niemand hat häufiger und energischer als ich in Wort und Schrift die Bedeutung dieser Ihrer Entdeckung hervorgehoben — so ist die Frage, ob sie im Gehirn eine Funktion des Leitungswiderstandes ist oder nicht, doch nicht von so sehr groſsem Interesse, daſs ich mich ihr eingehend widmen möchte. Es sind gar zu viele Hypothesen nötig. Nur auf einen Ihrer Einwände, daſs das ganze Gehirn warm ist, möchte ich entgegnen, oder habe ich vielmehr entgegnet (in der von

Ihnen vielleicht übersehenen Nachschrift auf der Schlufsseite [S. 114] *meines letzten Briefes), dafs das Gehirn sehr ungleich warm ist, vor dem Tode die Temperaturdifferenzen sich sicher nicht ausgleichen und, meiner Meinung nach, jede Ganglienzelle ihre besondere Temperatur hat. — Ich finde keinen Grund gegen die Annahme, dafs die Gesamtbewufstseinsschwelle nur dann überschritten wird, wenn die psychophysische Bewegung der Ganglienzellen stark genug ist, um den Widerstand zwischen ihnen zu überwinden. Aber wie gesagt: in diesem Punkte ist alles unsicher.*

Die Frage, ob die Atome empfinden oder nicht, scheint mir garnicht im Zusammenhang mit dem behandelten Problem zu stehen, welches überhaupt ohne die Hypothese der Atome befriedigend behandelt werden kann. Die Psychophysik hat doch mit den Ganglienzellen schon unüberwindliche Schwierigkeiten genug, und ich glaube, dafs kaum etwas dem Hartmannschen *Exposé mehr Eintrag thut, als die unnötige Hereinziehung der mysteriösen Atomempfindungen. Indessen erlauben Sie mir wohl auf eine im Anschlufs hieran von Ihnen geäufserte Bemerkung zu antworten, die mir sehr aufgefallen ist. Wenn Sie geltend machen, der Satz, dafs „Zusammensetzungen der Atome kein Bewufstsein geben könnten, wenn nicht schon die einzelnen solches hätten,“ sei unrichtig, „ebenso gut könnte man sagen: wenn nicht schon in den einzelnen Punkten des Kreises etc. ein Kreis steckte, könnte auch aus der Zusammenordnung derselben keiner entstehen,“ so ist zu entgegnen, dafs jeder Punkt das Vermögen hat, nach jeder beliebigen Richtung (mit beliebiger Geschwindigkeit) bewegt zu werden. Bewege ich ihn in einer Kreisbahn, so steckt nicht der Kreis in ihm, wohl aber die Möglichkeit, einen Kreis, ebenso wie jede andere Figur, zu bilden durch seine Bewegung oder durch Zusammenordnung der Orte im Raum, die er durchläuft. Bewegt sich der Punkt (und die Beweglichkeit liegt in seinem Begriff), so ist der Kreis entweder möglich oder zufällig, oder wirklich oder notwendig. Das Bewufstsein, welches als wirkliches nie an Punkten, sondern nur an zusammengesetzten Körpern, in denen Bewegungen vor sich gehen, haftet, kann deshalb, meine ich, mit dem Kreise etc. nicht verglichen werden, weil es erfahrungsmäfsig nur da entsteht, wo schon Bewufstsein war. Eine Entstehung von Bewufstsein aus der Wechselwirkung auch nicht einmal latent oder potentiell bewufster Körper ist rein undenkbar. Wärme entsteht auch nur durch die Wechselwirkung von Körpern, die schon*

eine gewiſse Temperatur haben. Man kann sich einen Körper, der keine Temperatur hätte, nicht denken. Wer es nun für nötig erachtet, bewuſstlose Atome anzunehmen (die Hypothese ist jedenfalls eine sehr nützliche), wird sie für die Entstehung des Bewuſstseins durch Wechselwirkung nur dann verwerten können, wenn zwei sehr gewagte Hypothesen acceptiert werden: 1) daſs das Bewuſstsein eine Bewegung ist, 2) daſs durch Wechselwirkung etwas Neues entstehen kann, „was auch seiner Möglichkeit nach nicht in den einzelnen Elementen als solchen enthalten ist". Nimmt man dagegen Atome mit Bewuſstsein an (so daſs es also garnichts völlig Unbewuſstes in der Welt giebt), dann fallen beide Hypothesen fort. Ich habe die Annahme von Atomen, welchen ihre Lage nicht gleichgültig ist, welche eine Innerlichkeit besitzen, also nicht mehr einfache Wesen sind, schon länger, ich glaube wohl ein Jahr vor Zöllner, gehegt und ausgesprochen. Ich kam darauf durch den Versuch, das Darwinsche Prinzip der Konkurrenz auf die anorganischen Vorgänge anzuwenden, eine Idee, welche inzwischen von Pfaundler in Innsbruck und von du Prel einigermaſsen plausibel gemacht worden ist, während Zöllners Ausführungen in diesem Punkte etwas unklar sind.

Haben Sie Brentanos eben erschienene „Psychologie vom empirischen Standpunkte" gesehen? S. 9 und 88 ff. wirft er der Maſsformel vor, daſs sie fälschlich gleichmerkliche und gleiche Empfindungszuwüchse identifiziere; sie gelte nur für erstere und werde von Ihnen auf letztere bezogen.

Hoffentlich finden Sie Zeit, mir gelegentlich auch darüber einige Zeilen zu schreiben; ich habe erst heute das Buch eingesehen und flüchtig durchgeblättert.

In gröſster Hochachtung

Ihr

Preyer.

Leipzig, d. 20. Juli 74.

Hochgeehrter Herr Professor,

Ich glaube doch, es wird gut sein, wenn wir unsere Diskussion über die negativen Empfindungswerte endlich abbrechen; Sie sehen selbst, sie hat kein Ende. Ich finde auf alles, was Sie in Ihrem letzten Briefe gegen meine Auffassung dieser Werte bemerken, etwas zu erwiedern, und Sie werden

auf alles, was ich hier gegenbemerke, wieder etwas zu erwiedern finden; ich zweifle nicht daran, aber ich lasse Ihnen nun endlich, falls Sie es anders ergreifen wollen, das letzte Wort.

Sie sprechen von einer Sonderung zwischen negativen und unbewufsten Empfindungswerten, die ich im Widerspruche mit dem 18. Kap. meiner Elemente mache; doch wüfste ich nicht, worin diese Sonderung bestände. Statt beides zu sondern, betrachte ich dasselbe blofs aus zweierlei Gesichtspunkten, die sich in der That darin verknüpfen.

Sie kommen darauf zurück, dafs „verschiedene Empfindungsstärken, d. h. verschiedene Empfindungen, nicht nur nicht ohne Zuziehung des Bewufstseinsbegriffes gedacht werden können, sondern selbst eine fundamentale Bewufstseinserscheinung sind;* solle also die Mafsformel, und sollen speciell die $-\gamma$, die aus ihr fliefsen (psychologisch) gedacht werden, so müsse man zuvor eine bestimmte Auffassung des Bewufstseins haben"; und ich komme meinerseits darauf zurück: dafs man von Empfindungen sprechen, die Mafsformel in Bezug darauf deuten kann, ohne schon einen allgemeinen Bewufstseinsbegriff dabei vorauszusetzen, dafs man diesen zunächst freilassen kann, wohl aber nachher den Empfindungsbegriff einem allgemeinen Bewufstseinsbegriff unterordnen kann, der sich übrigens weiter und enger fassen läfst, ohne dafs das in der Sache etwas ändert.

Sie wiederholen, dafs meine Auffassung der negativen Empfindungswerte nur die Bedeutung von Zahlen dafür übrig lasse. Meinerseits kann ich nur wiederholen, dafs sie im Zusammenhange der ganzen Auffassung der Mafsformel eine reale Bedeutung für die Entstehungsverhältnisse der Empfindung haben.

Sie postulieren als Schlufs einer eingehenderen Betrachtung „für jeden Reizwert unterhalb der Schwelle (ebenso wie über ihr) einen bestimmten durch die Mafsformel gegebenen psychischen Zustand" als Repräsentanten der zugehörigen negativen Empfindung und nehmen dafür die Privatempfindung der Ganglienzellen in Anspruch, die sich wegen zu starker

* Vgl. W. Preyer: *Elemente der reinen Empfindungslehre.* Jena, 1877. § 22 („Die negative Intensität und Qualität und der Nullpunkt im Empfindungsgebiet".) [P. 1890]

Leitungswiderstände zwischen den Zellen nicht zu einem Kollektivbewufstsein, unserm Ich-Bewufstsein, zusammenzuschliefsen vermöge, sondern ihrer Stärke nach in einem gewissen Abstande von der Stärke, wo sie dies vermöge, also von der Schwelle des Ich-Bewufstseins bleibe, wodurch die Gröfse der negativen Empfindung als gemessen angesehen werden könne, indes die Privatempfindung ihr noch einen realen Inhalt verleihe. Verstehe ich Sie recht, so ist dies Ihre Meinung. Nun aber bezieht sich doch die Mafsformel auf Empfindungen unseres Ich, nicht auf die hypothetischen Privatempfindungen der Ganglienzellen; also sind auch die $-\gamma$ in Bezug auf jene zu deuten, nicht auf diese; und mögen diese da sein oder nicht, die Deutung in Bezug auf jene bleibt ganz dieselbe. Nach Ihnen sollen die $-\gamma$ zweierlei zugleich repräsentieren: erstens die positive Privatempfindung der Ganglienzellen; das scheint mir an sich nicht zu gehen und Ihnen im Grunde doch auch nicht, denn wie kann ein als positiv zu denkender Wert mit einem negativen Vorzeichen bezeichnet werden? also sollen sie anderseits nach Ihnen den Abstand dieses positiven Wertes von einem andern positiven Werte, dem des Ich-Bewufstseins bedeuten; aber da das ein leerer Zwischenraum wäre, und die $-\gamma$ doch Empfindung bedeuten sollen, um nicht blofs eine geometrische oder Zahlenbedeutung zu haben, so suchen Sie auch den ersten Sinn der $-\gamma$ festzuhalten. Meinerseits weifs ich das schlechthin nicht zu vereinigen, oder Ihrer Vorstellungsweise keine Klarheit abzugewinnen, die ich nur in einem Entweder-Oder finden könnte, wo Sie ein Sowohl-als-auch haben.

Gegen die Hartmannsche Hypothese von Privatempfindungen der Atome unter den von H. gemachten Voraussetzungen hatte ich eingewandt: da das ganze Gehirn warm sei, alle Atome also darin schwingen und schwingende Nachbaratome haben, sich also auch wechselseitig ihre Schwingungen mitteilen müssen, so wisse man nicht, wo ein Leitungswiderstand zwischen ihnen überhaupt herkommen soll, und so müfsten alle Empfindungen stets zu einem Gesamtbewufstsein im Gehirn verfliefsen. Denn wenn nach Hartmanns Voraussetzung schon die kleinste Schwingung eines Atoms Empfindung giebt, mufs auch die kleinste Mitteilung davon als Leitung gelten. Ich mufs mich aber wohl nicht klar genug in dieser Hinsicht aus-

gedrückt haben, da Sie meinem Einwande entgegnen: das Gehirn sei an verschiedenen Stellen verschieden warm, was ja die Mitteilung der Schwingung nicht hindern kann: eher könnte man in gewissem Sinne die Mitteilung zwischen gleich warmen Atomen leugnen; absolut gleich warme Atome wird es aber nicht geben. Den Hauptvorwurf, den ich HARTMANN hierbei mache, ist, daſs er eine fundamentale Ansicht mit einem entweder fundamental unklaren oder mit seinen Grundvoraussetzungen widersprechenden Begriffe, was sein Leitungswiderstand ist, aufstellen will. Nun gehen Sie nicht mit HARTMANN bis auf Privatempfindungen der Atome, sondern nur der Ganglienzellen, zurück, nach Motiven, denen ich nichts entgegenzusetzen habe, und ich habe selbst zugestanden, daſs eine solche Hypothese möglich ist; Sie dürften aber beim Versuch einer Ausführung dieser Hypothese doch auch nicht mit dem bloſsen Worte Leitungswiderstand zwischen den Zellen operieren können, sondern sich veranlaſst finden, eine bestimmte Vorstellung darüber darzubieten.

Sie sagen bezüglich einer anderen in unsere Diskussion eingetretenen Frage: „Bewege ich einen Punkt in einer Kreisbahn, so steckt nicht der Kreis in ihm, wohl aber die Möglichkeit, einen Kreis ebenso wie jede andre Figur zu bilden durch seine Bewegung oder durch Zusammenordnung der Orte im Raum, die er durchläuft.“ Das ist sehr wahr, aber dazu bedarf es doch eben noch anderer Punkte im Raume, die er durchlaufen kann; nur durch die Zusammenordnung einer Vielheit von Punkten im Raume, nur durch die Beziehung derselben zu einander ist die Möglichkeit des Kreises gegeben; und so nach meiner Ansicht, nennen Sie es Hypothese, das Psychische nur durch eine Kraftbeziehung zwischen dem Physischen, deren das einfache Atom unfähig ist. Kann sich doch nicht einmal eins für sich allein bewegen. Doch hierüber wollen wir ja nicht erst einen Streit anfangen, wir würden vollends nicht damit fertig werden; denn ich sehe, wir sind gleich zu Anfang darin zu sehr auseinander.

Von der BRENTANOschen Psychologie würde ich wohl schwerlich Notiz erhalten und genommen haben, da ich überhaupt wegen des schwachen Zustandes meiner Augen wenig lesen kann und Philosophisches dabei am wenigsten bevorzuge; doch wurde mir ein persönlicher Anlaſs, wenigstens die das psycho-

physische Gesetz betreffenden Stellen darin einzusehen und hie und da in das Uebrige zu gucken. Brentano besuchte mich selbst vor etwa einem halben Jahre; ich fand in ihm einen jungen Mann von bescheidenem, einnehmendem Wesen, und er interessierte mich teils als Neffe der Bettina, mit der ich in persönlichen Beziehungen gestanden, teils durch seine eigene Geschichte, die er mir erzählte. Er war nämlich Professor der Theologie in Würzburg gewesen (der katholischen Theologie), hatte sich aber nicht mit dem Infallibilitätsdogma vertragen können und, um dasselbe nicht nach seiner Stellung vertreten zu müssen, die Stelle niedergelegt. Man hatte ihn hiernach sehr angefeindet, und er sprach zwar damals von Aussichten, die man ihm für Wien eröffnet, von denen er aber besorgte, dafs sie ultramontanerseits gekreuzt werden würden; mittlerweile arbeite er an einer Psychologie. Nun freute ich mich recht, nachdem ich inzwischen nichts von ihm gehört, den fertig gewordenen ersten Band seiner Psychologie als wirklich bestalltem Professor vor einiger Zeit von Wien aus zugeschickt zu erhalten. In seinem Begleitschreiben bezeichnete er mir zugleich die Stellen darin, worin er meinte, von meiner Aufstellung des psychophysischen Gesetzes abweichen oder, wie er sich artig ausdrückte, sie ergänzen zu müssen. Nun gestehe ich offen, bei Einsicht darein von der Weise, wie er es gethan, nicht sehr erbaut worden zu sein. Er will gleichmerkliche Empfindungen nicht notwendig für gleich gelten lassen, ohne klar zu machen, worin sie als Empfindungen ungleich sein können. Er sagt pag. 88: „seine Untersuchung führe ihn zu dem Ergebnisse, dafs jeder Zuwachs der Empfindung gleich merklich sei, welcher zu der Intensität der Empfindung, zu welcher er hinzukommt, in gleichem Verhältnisse steht.“ Ich finde aber von einer solchen Untersuchung garnichts angestellt, sondern blofs zur beiläufigen Unterstützung eine Thatsache aus dem Gebiete der extensiven Empfindung erwähnt, die Jeder bisher im Sinne des Weberschen Gesetzes gedeutet hat, was ein wesentlich anderes als das seine ist. Ich habe sein Gesetz in eine Formel übersetzt; sie repräsentiert weder das Webersche Gesetz noch die Thatsache der Schwelle. In seiner Unterscheidung des Physischen und Psychischen kann ich keine Klarheit finden, und daran hängt im Grunde seine ganze Verdrehung der Sache. Ich habe nun mit ihm darüber korrespondiert, ohne

dafs aber eine klare Verständigung möglich gewesen ist; mit einem Philosophen ist schwer zu reden.

Von meiner Anzeige in der „*Jenaer Lit.-Zeitung*“ habe ich einen Abdruck erhalten und danke Ihnen für die Vermittelung davon. Er ist ganz korrekt, was meinem Manuskripte selten begegnet.

Sollte ich nun, nach eventueller Erwiederung von Ihrer Seite auf die vorigen Bemerkungen, die Diskussion darüber nicht weiter fortsetzen, so werden Sie mich gewifs durch die Besorgnis entschuldigen, uns beide zu ermüden. Wir werden uns, auch wenn wir uns nicht über diese Dinge in Einstimmung setzen können, persönlich freundlich gesinnt bleiben, und es werden sich künftig auch wohl andere Anknüpfungspunkte wissenschaftlichen Verkehrs finden. Also mit vorzüglicher Hochachtung bestens grüfsend

Der Ihrige

Fechner.

Jena, 30. Sept. 1877.

Hochgeehrter Herr Professor,

Erlauben Sie mir Ihnen meinen Dank auszusprechen für die gütige Zusendung Ihrer neuesten, mir ungemein interessanten Schrift „In Sachen der Psychophysik“ und für die freundliche Berücksichtigung und Verwertung meiner Arbeiten in derselben. Ich bin mit dem Studium Ihres Buches noch lange nicht zu Ende, möchte aber schon jetzt einige Punkte kommentieren in der Hoffnung, Ihnen damit nicht so beschwerlich zu werden, wie in meinem einstmaligen Widerspruch gegen Ihre Deutung negativer Empfindungswerte.

S. 31 sprechen Sie von einem „Nullzustande der Temperaturempfindung“, welcher zwischen der Kälte- und Wärmeempfindung liegen soll. Ich selbst glaubte einst an einen solchen, bin aber schon lange eines Besseren belehrt worden. Denn in der That verhält es sich so, wie ich S. 15 meiner „Elemente der reinen Empfindungslehre“ (die ich Ihnen sandte) sagte. Wenn ich nicht friere und mich nicht warm fühle, so habe ich die behagliche Temperaturempfindung, die ebensowohl warm als kalt oder weder warm noch kalt ist. Diese indifferente Temperaturempfindung ist mir sehr deutlich, sie ist

nicht Null, d. h. sie ist nicht „keine Temperaturempfindung“. Gerade so könnte man sagen, die unechten Brüche sind Zahlen und die echten Brüche sind Zahlen, aber die Zahl, welche zwischen beiden steht, die 1 ist der Nullzustand. Die 1 ist in Wahrheit weder ein echter noch ein unechter Bruch, während alle Zahlen gröfser als 1 unechte Brüche mit dem Nenner 1 sind. Die $1 = \frac{1}{1}$ *ist aber nicht blofs eine Zahl, sondern auch ein Bruch. Gerade so ist die Temperaturempfindung, welche weder warm noch kalt ist, auf die sich aber die Aufmerksamkeit richtet, eine positive Temperaturempfindung (S. 48 unten, S. 49, S. 71 l. c.). Der eigentliche Nullzustand der Temperaturempfindung (S. 48 oben) wird immer dann und nur dann durchlaufen, wenn die Aufmerksamkeit dem Temperaturgebiet sich zuwendet. Ich sehe nicht, wie diese Darlegung unrichtig sein kann.*

S. 63 Ihrer Schrift und sonst: Die Bewährung des psychophysischen Gesetzes für extensive (Augenmafs-) Versuche ist nicht so entschieden, wie Sie annehmen. Ich habe den sehr fleifsigen und gewissenhaften Dr. Chodin noch zu einer zweiten Untersuchung veranlafst, die ich Ihnen gleichfalls, soviel ich mich entsinne, zuschickte — jedenfalls ist es mir höchst befremdlich, dafs Sie dieselbe nicht erhalten haben sollten — und welche den Titel hat: „Ist das Weber-Fechnersche Gesetz auf das Augenmafs anwendbar? Sie erschien in Gräfes „Archiv f. Ophthalm.“ (XXIII, I, S. 92—108) und umfafst 7000 Versuche, die Chodin nach meinen Vorschlägen in meinem Laboratorium ausführte (1876). Alle Versuchsreihen fielen zu Ungunsten des Gesetzes aus.

S. 76 Ihrer Schrift. Die ausführliche Arbeit von Dewar und M'Kendrick steht in den „Transact. of the royal society of Edinburgh“ Vol. 27, und ich erhielt den 1. Teil schon am 29. April 1874 von M'Kendrick. Sie haben aber in Ihrer Kritik vollkommen Recht. Die Verfasser haben Sie und Delboeuf total mifsverstanden und ihre Versuche beweisen absolut nichts für oder gegen Ihre Untersuchungen.

S. 104. Bezüglich Ihrer Kritik meiner Auffassung der Stille als einer wahren, positiven Empfindung möchte ich hier nur das Eine bemerken, dafs mit der Definition „unter Stille versteht man Abwesenheit von Gehörsempfindung“ nicht das Geringste zur Charakteristik der Stille beigebracht ist. Schwarz ist nicht die Abwesenheit von Lichtempfindung, sondern selbst eine Lichtempfindung. Die Stille ist

eine Schallempfindung, weil immer, wenn die Aufmerksamkeit auf das Ohr sich richtet, die Erregungen der peripheren Teile als ein Ganzes zum Bewufstsein kommen müssen, wie die peripheren Erregungen des Sehnerven im Finstern. Bei allen Sinnesorganen ist auch ohne jede äufsere Reizung die Empfindung der Ruhe des Organs eine positive Empfindung, warum nicht beim Ohr? Ich finde keinen Grund in Ihren Darlegungen, dem Ohre eine Ausnahmestellung zuzuweisen. Übrigens hat schon Joh. Müller (Vergleichende Physiologie des Gesichtssinnes 1826, S. 453), wie ich nachträglich finde, gesagt:

„Das Auge sieht sich im Zustande seiner Ruhe dunkel, im Zustande seiner Unruhe licht und farbig; das Ohr hört sich im Zustande seiner Ruhe still, im Zustande seiner Unruhe tönend." Ich bedaure ungemein, diese Stelle erst kürzlich gefunden zu haben, sonst hätte ich sie („Grenzen der Tonwahrnehmung") angeführt.

S. 170. Ihre sehr wichtigen Bemerkungen über a und n sind mir darum namentlich interessant, weil ich selbst mir lange Zeit den Kopf zerbrochen habe, wie man die Schallstärke ohne Variierung der Tonhöhe genau messen könnte. Ich verlange sehr darnach, die Versuche auszuführen nach einer Methode, welche darauf beruht, Stimmgabeln auf elektrischem Wege in konstantem Schwingen frei schwebend zu halten und die Distanzen vom Ohre genau zu messen. Aber noch habe ich Mittel und Gelegenheit nicht gefunden. Wahrscheinlich wird sich das Gesetz hier noch am meisten bewähren. Ich glaube, es gilt überhaupt allgemein für Intensitäten, nicht aber für Qualitäten und das, was Sie extensive Empfindungen genannt haben.

In der Hoffnung, dafs recht bald eine neue Auflage Ihrer „Elemente der Psychophysik" nötig wird, lege ich ein Verzeichnis von Druckfehlern oder Versehen bei, welches aufser den von Ihnen mitgeteilten Berichtigungen noch einige, zum Teil nicht ganz unerhebliche, meist aber unbedeutende enthält.

Mögen Sie daraus erkennen, dafs Ihr Buch eifrig gelesen wird von Ihrem Sie hochachtungsvoll grüfsenden,

ergebensten

W. Preyer.

Leipzig, den 5. Oktbr. 1877.

Hochgeehrter Herr Professor,

Besten Dank für die Aufmerksamkeit, die Sie meinem Schriftchen geschenkt haben, und die von mir zu verwertenden Bemerkungen, die Sie hinzugefügt haben. Dafs das Druckfehlerverzeichnis der „*Elemente*“ durch die Vervollständigung von Ihrer Seite sich so stark vermehrt, thut mir freilich leid, noch mehr aber, dafs ich die CHODINsche Abhandlung über die Augenmafsversuche übersehen und also unberücksichtigt gelassen habe. Zugesendet ist sie mir nicht worden; und aus dem, im Vorwort meines Schriftchens angegebenen, Grunde mag ich wohl noch manches zu Berücksichtigende übersehen haben. Überhaupt wird man es dem Schriftchen schwerlich ansehen, mit welcher Ängstlichkeit des Augengebrauches und Beschränkung auf das dringendst Scheinende im Nachlesen und Zusammensuchen sie verfafst ist, um nicht durch Überreizung der Augen wieder auf längere Zeit ganz zur Unthätigkeit verurteilt zu sein. Höchst befremdend aber ist mir, dafs, wie Sie schreiben, die Ergebnisse von CHODINS Versuchen mit denen von mir und VOLKMANN garnicht stimmen. Letztere Ergebnisse sind doch jedenfalls faktisch, stimmen also die von CHODIN nicht damit, so mufs es in Unterschieden der Versuchsumstände, der Versuchsmethode, der Versuchsgrenzen oder des Versuchssubjekts liegen, was ich zunächst nicht beurteilen kann. Sollte Ihnen ein Separatabdruck der Abhandlung zu Gebote stehen, so würden Sie mich durch leihweise Zusendung derselben für kurze Zeit sehr verbinden. Ein fundamentales Gewicht liegt übrigens für mich auf diesem Versuchsfelde nicht, da ich ja ohnehin schon aus anderen Gründen habe anerkennen müssen, dafs die Anwendbarkeit des WEBERschen Gesetzes auf extensive Empfindungen prekär und nur für einen gewissen, experimental nicht zu verwirklichenden Fall möglicherweise annehmbar sei, indes bei unseren Versuchen das Muskelgefühl die Hauptrolle gespielt haben mag.

Was Ihre Bemerkungen über Temperaturempfindung und Stille anlangt, so sehe ich daraus wohl, dafs Sie mit meiner Auffassung und Darstellung nicht befriedigt sind, mufs aber gestehen, dafs es mir eben so mit Ihren Gegenbemerkungen

geht. Einig darüber werden wir wohl wieder nicht werden; doch, wenn ich Sie auch nicht überzeugen kann, will ich wenigstens die Gründe meiner Auffassung Ihren Bemerkungen gegenüber etwas bestimmter betonen, als Sie es in meinem Schriftchen gefunden haben mögen.

Die Temperaturempfindung zunächst anlangend, so ist unser Streit darüber bis zu gewissen Grenzen doch wohl nur Wort- oder Begriffsstreit. Ich spreche von Temperaturempfindung, wenn ich entweder Kälte oder Wärme empfinde, und sage, dafs die eine wie andere Temperaturempfindung fehlt, wenn ich im Zweifelzustande dazwischen weder Wärme noch Kälte empfinde, mag ich auch sonst etwas dazwischen empfinden. Wollen Sie nun doch den, durch einen Zustand des „Behagens“ oder sonstwie charakterisierten Empfindungszustand dazwischen Temperaturempfindung nennen, so kann ich es natürlich nicht hindern, es ist eben Sache Ihrer Definition; genug, es ist weder Wärme- noch Kälteempfindung, und Ihre Definition psychophysisch gleichgiltig, wenn es darauf ankommt, nun eben die Wärme- oder Kälteempfindung als Funktion körperlicher Vorgänge zu messen; denn dann kann ich doch nicht von einem positiven Dasein und mithin Werte der einen oder andern sprechen, wenn ich weder von der einen noch andern etwas in meinem Bewusstsein spüre. Ihre Temperaturempfindung zwischen Wärme- und Kälteempfindung mag irgendwie charakterisiert in die Psychologie eintreten, möglicherweise auch noch ein psychophysisches Mafs für sich zulassen, wofür ich meinerseits keinen Anhalt finde; in das Mafssystem der Wärme- und Kälteempfindung gehört sie nicht anders als zur Bezeichnung des Verschwindens der einen und andern, was ja freilich auch seine Stelle darin haben will.

Sie sagen meiner Auffassung dieser Verhältnisse gegenüber: „Gerade so könnte man sagen, die unechten Brüche sind Zahlen und die echten Brüche sind Zahlen, aber die Zahl, welche zwischen beiden steht, die 1, ist null.“ Sie wollen also die Kälteempfindung dem echten Bruche, die Zwischenempfindung zwischen Wärme und Kälte der 1 verglichen haben, und tadeln mich, dafs ich sie der Null vergleiche; aber mit diesem Vergleiche, soweit er überhaupt trifft, schlagen Sie viel mehr Ihre Auffassung als die meinige; und ich finde ihn sogar sehr erläuternd in dieser Hinsicht. Ein echter Bruch ist dem Mafse

nach ein Bruchteil der 1, ist kleiner als 1; aber unmöglich können Sie die Kälteempfindung dem Maſse nach als einen Bruchteil der Zwischenempfindung zwischen Wärme- und Kälte betrachten, sei es auch, daſs es eine Empfindung dazwischen giebt. Je mehr sich ein echter Bruch von der 1 entfernt, desto kleiner wird er; aber die Kälteempfindung wird, je mehr sie von dem Zwischenpunkte zwischen Wärme und Kälte abweicht, um so stärker. Also statt des Vergleiches mit echten und unechten Brüchen, wozwischen 1, haben wir vielmehr faktisch den Vergleich zwischen negativen und positiven Werten, wozwischen Null als richtig anzusehen, obwohl es eben nur ein Vergleich ist, der in gewisser Hinsicht trifft, d. h. insofern man den Charakterunterschied der beiderlei Empfindungen zugleich in das Maſs derselben aufzunehmen sucht. Verzichtet man hierauf, indem man jede Empfindung für sich in Betracht zieht, so sind der Kälteempfindung so gut positive Werte beizulegen als der Wärmeempfindung, man kann doch Kälte eben so stark als Wärme empfinden, sind also Kälteempfindungen nicht mit negativen Empfindungen unter der Schwelle zu verwechseln, welche eine Entfernung vom wirklichen Eintritt einer Empfindung bedeuten. Und wahrscheinlich giebt es einen Zwischenzustand von gewisser Breite zwischen Wärme- und Kälteempfindung, in welchem eine Schwelle sowohl für die eine als die andere Platz hat.

Ebensowenig vermöchte ich Ihrer Auffassung der Stille als positiver Gehörsempfindung und dem Vergleich derselben mit der Empfindung des Augenschwarz beizustimmen. Fassen wir zuerst die Frage rein psychologisch ins Auge.

Nach Ihnen verschwindet konsequenterweise die Gehörsempfindung wie die Temperaturempfindung nur durch Abwendung der Aufmerksamkeit davon, und unstreitig kann jede sinnliche Empfindung hierdurch aus dem Bewuſstsein schwinden, aber sie kann auch bei voller Richtung der Aufmerksamkeit auf ein Empfindungsgebiet dadurch schwinden, daſs sie an die Grenze der Abschwächung gelangt, was Beides nicht zusammenzuwerfen ist. Eine Schallempfindung ist im allgemeinen als Empfindung eines Geräusches, eines Tones, eines Klanges charakterisiert oder qualifiziert. Nun werden Sie doch nicht leugnen, daſs die Intensität einer irgendwie qualifizierten Schallempfindung bei darauf gerichteter Aufmerksamkeit immer

schwächer werden und endlich so schwinden kann, dafs Sie nichts mehr von dieser Qualität im Bewufstsein zu entdecken vermögen. Jede jener Qualitäten aber kann endlich hierin auslaufen, und erst wenn alle darin ausgelaufen sind, so dafs nichts als das Gefühl der auf das Gehörsgebiet gerichteten Aufmerksamkeit und etwa des Suchens nach dieser oder jener Qualität darin übrig bleibt, hat man eigentlich von Stille zu sprechen und sage ich, dafs jede Gehörsempfindung geschwunden ist, indes man freilich im gewöhnlichen Leben schon von Stille spricht, wenn nur sehr schwaches Geräusch, was als solches gehört wird, die Luft erfüllt. Wollen Sie nun doch bei jener wahren Stille noch von Gehörsempfindung sprechen, so mögen Sie angeben, welche vergleichbare Qualität sie mit der Empfindung eines Geräusches, eines Tones, eines Klanges oder sonst einer Schallempfindung, die auch verstärkt auftreten kann, hat; könnten Sie es aber, so hätten Sie noch nicht die volle Stille. Oder wollten Sie sagen: die Empfindung der Stille hat ihre eigene Qualität, die nur mit keiner Qualität Geräusch, Ton, Klang vergleichbar ist, so wäre es eben eine solche, die erst mit Verschwinden dieser Qualitäten einträte, also in ein Mafssystem derselben, um das es doch zu thun ist, nicht eintreten könnte, und es würden dieselben Betrachtungen darauf anwendbar sein, als auf Ihre Temperaturempfindung zwischen Kälte- und Wärmeempfindung; wie mir denn in der That Ihre Auffassung der Stille und der Zwischentemperaturempfindung ziemlich solidarisch scheint. Das Positive, was auch bei voller Stille und einfacher Richtung der Aufmerksamkeit auf das Gehörsgebiet noch da ist, ist nach meiner gegenteiligen Auffassung eben nur die auf dies Gebiet gerichtete Aufmerksamkeit, welche so zu sagen die Gehörsempfindung darin sucht, ohne sie zu finden; aber dieses psychisch Positive ist doch nicht mit einem Positiven der vermifsten Empfindung zu verwechseln.

Mit der Empfindung des Augenschwarz ist es anders. Wenn Sie die Aufmerksamkeit auf das Gesichtsgebiet richten, während eine farblose Lichtempfindung da ist, kann diese auch bis zu gewissen Grenzen durch die Grade des Grau und immer tieferes Schwarz abnehmen, aber nicht über eine gewisse Grenze; die Empfindung des tiefsten Schwarz bleibt noch der Skala der qualitativ bestimmten Lichtempfindungen eingeordnet, ist nur auf einen sehr tiefen Grad der Quantität herabgekommen.

Es ist wahr, alle Lichtempfindungen, auch die als farbig qualifizierten, laufen endlich beim Immerschwächerwerden in der Empfindung des Schwarz zusammen, wie alle verschieden qualifizierten Schallempfindungen in der Empfindung der Stille, aber jene deshalb, weil nach Erlöschen aller andern die eine davon unverlöschbar übrig bleibt, indes von den verschieden qualifizirten Schallempfindungen keine unverlöschbar bleibt. Die Empfindung des Augenschwarz ist eine kontinuierliche normale Halluzination; ich selbst habe in meinem Ohre eine ebenso kontinuierliche aber krankhafte Halluzination als Ohrenbrausen; mit dieser vermag ich die Empfindung des Augenschwarz zu vergleichen, aber nicht mit dem frühern gesunden Zustande meines Ohres. Wenn aber das gesundeste Ohr bei gröfstmöglicher Abwesenheit äufsern Geräusches noch leise Tonempfindungen, analog dem Lichtstaub im geschlossenen Auge spürt, so thun diese seiner Stille eben auch Abruch, statt zum Charakter derselben zu gehören.

All dem entgegen machen Sie für Ihre Auffassung einen, von Ihnen in Ihrem eigenen Sinne verstandenen und hiermit freilich auch für Sie sprechenden, Begriff der „Ruhe“ geltend, indem Sie sagen: „Bei allen Sinnesorganen ist auch ohne jede äufsere Reizung die Empfindung der Ruhe des Organs eine positive Empfindung, warum nicht auch beim Ohr?“ Aber was ist denn Ruhe? In der Physik versteht man unter Ruhe Fehlen von Bewegung; und so verstehe ich im Empfindungsgebiete unter Ruhe Fehlen von Empfindung, kann also nach dieser meiner Auffassung der Ruhe, die ich glaube vertreten zu können, nicht zugeben, dafs die Empfindung im Auge oder wenn Sie wollen, das Auge ruht, wenn ich mittelst desselben Schwarz empfinde, indes die Empfindung im Ohr ruht, wenn ich mittelst desselben weder Geräusch noch Ton empfinde, was nicht hindert, dafs das Auge bei der blofsen Empfindung des Augenschwarz relativ ausruht, wie jeder Mensch bei schwacher Beschäftigung, d. i. die unter einen gewissen mittlern Grad fällt, relativ ausruhen, sich dabei ganz behaglich fühlen kann, ohne dafs man die schwache Beschäftigung doch eigentlich Ruhe zu nennen hat; vor einfach populärer Fassung der Begriffe hat man sich jedenfalls zu hüten. Dabei gebe ich zu, dafs man von einer positiven Empfindung der Ruhe (also auch Stille) in einem Organe sprechen kann, die aber, statt eine

positive Sinnesempfindung in diesem Gebiete zu bedeuten, selbst ein Ruhen, d. i. Fehlen der Empfindung voraussetzt. Empfindung der Ruhe und Ruhen der Empfindung sind eben zweierlei, nur erstere, nicht letztere ein Positives. Sie scheinen mir diesen Unterschied gar nicht zu machen. Unsere Seele besteht ja nicht bloſs aus sinnlicher Empfindung; richte ich nun die Aufmerksamkeit, welche eine allgemeinere psychische Thätigkeit ist, auf ein Sinnesgebiet, so kann ich mir des Unterschiedes des Falles, wo sie eine Mitbestimmung durch die speziale Empfindung dieses Gebietes empfängt, von dem Falle, wo sie keine solche empfängt, bewuſst werden, und das Bewuſstwerden dieses Unterschiedes, was allerdings ein positiver Akt ist, letztern Falles Empfindung der Ruhe, Stille nennen, wie ich es schon in meinem Schriftchen S. 116 erklärt habe. Auch ist die auf ein Empfindungsgebiet gerichtete Aufmerksamkeit bei fehlender Empfindung an sich schon, rücksichtslos auf solchen Vergleich, ein positives Moment. — Natürlich, indem ich Ihnen in Auffassung der Ruheverhältnisse für Auge und Ohr nicht beistimme, gebe ich auch Joh. Müller in der von Ihnen zitierten Stelle nicht Recht.

Nun aber, Sie greifen meine Auffassung nicht bloſs von rein psychologischer, sondern auch von psychophysischer Seite an. Auf Ihren Einwand in dieser Hinsicht habe ich zwar schon in meinem Schriftchen S. 104 geantwortet; aber da Sie in Ihrem Schreiben nicht auf diese Beantwortung antworten, sondern Ihren Einwand einfach wiederholen, so kann ich auch nur meine Antwort mit einigen Ausführungen wiederholen.

Sie sagen: „Die Stille ist eine Schallempfindung, weil immer, wenn die Aufmerksamkeit sich auf das Ohr richtet, die Erregungen der peripheren Teile als ein Ganzes zum Bewuſstsein kommen müssen, wie die peripheren Erregungen des Sehnerven im Finstern.“ Aber damit setzen Sie ja das zu Beweisende geradezu voraus. Wenn die Thatsache der Schwelle aus dem Äuſseren in das Innere übertragbar ist — und ob sie es ist, ist die Frage, auf die es hierbei ankommt; daſs sie es nicht ist, Ihre vorweggenommene Voraussetzung — so können die von äuſseren Reizen unabhängigen Erregungen der Sinnesnerven, welche überhaupt fähig sind, Empfindungen zu produzieren, ebensogut unter als über der Schwelle sein; aus der

Thatsache des Vorhandenseins solcher Erregung läſst sich also noch garnichts für das Vorhandensein wirklicher Empfindungen schlieſsen; man muſs die Erfahrung befragen, indem man die Aufmerksamkeit auf das betreffende Sinnesgebiet richtet. Thue ich dies nun, und finde trotz voraussetzlicher innerer Erregung des Gehörnerven bei Abwesenheit äuſserer Erregung keine Gehörsempfindung darin, so trägt dies natürlich selbst bei, meine Ansicht, daſs es so gut eine innere als äuſsere Schwelle gebe, zu stützen; indes bei Ihnen umgekehrt die Voraussetzung, daſs es keine innere Schwelle gebe, geben könne, Einfluſs auf die Ansicht gehabt zu haben scheint, daſs auch die Stille noch als Gehörsempfindung zu fassen sei. Sie müssen sogar dieselbe so fassen, um erstere Voraussetzung aufrecht zu halten.

Unstreitig kann ich meinerseits nicht behaupten, daſs die Thatsache der inneren Schwelle überhaupt keinen Zweifeln unterliege; aber von der andern Seite nach dem, was sich im 9. Abschnitt meines Schriftchens und schon früher in den Elementen zur Unterstützung derselben hat beibringen lassen, auch nicht die Berechtigung zugestehen, die Voraussetzung des Wegfalls derselben als selbstverständliche Grundlage für Ziehung weiterer Folgerungen anzusehen. Indem Sie es doch thun, treten Sie in einem der wichtigsten Punkte meinen Gegnern bei, und es liegt in der natürlichen Konsequenz davon, daſs Sie ihnen auch in der, damit wenigstens ziemlich solidarischen Ansicht von der einfachen Proportionalität der Empfindung mit der psychophysischen Thätigkeit beitreten, hiermit so zusagen ganz ins Lager meiner Hauptgegner übergehen, was mir leid thut, sofern ich damit die Zahl derselben um eine gewichtige Autorität vermehrt finde.

Entschuldigen Sie die Breite der vorigen Auseinandersetzungen; ich werde es Ihnen nicht gerade verdenken können, wenn Sie dieselben flüchtig übergehen und auf sich beruhen lassen. Sie haben Ihr System und ich das meine; und über Hauptpunkte derselben werden wir uns schwerlich bekehren.

Meine *Elemente der Psychoph.* sind schon seit einiger Zeit vergriffen, und gern würde ich sie neu herausgeben, doch wird es schwerlich dazu kommen. Es gälte zu viel dazu durchzulesen, nachzuarbeiten; das werden meine Augen und vielleicht auch meine Zeit und Kräfte nicht mehr hergeben, denn ich bin 76 Jahr, also werde ich froh sein müssen, wenn ich es

noch zu einem zweiten Hefte bringe, wozu ich doch erst werde abzuwarten haben, was man noch weiter zum ersten sagt.

Noch habe ich Ihnen für die Zusendung Ihrer scharfsinnigen Abhandlung über die reinen Empfindungsverhältnisse zu danken, von der ich freilich bis jetzt nur ein sehr allgemeines Aperçu gewonnen habe, auf das ich mich überhaupt bei allen Schriften beschränken mufs, die ich nicht notwendig gerade zu den vorliegenden Arbeiten durchzulesen habe.

Mit vorzüglicher Hochachtung

der Ihrige.

Fechner.

Jena, 7. Okt. 1877.

Hochgeehrter Herr Professor,

Meinen wärmsten Dank für die eingehende Beantwortung meines Briefes. Schon längst würde ich in psychophysicis *mich wieder brieflich an Sie gewendet haben, wenn ich nicht gefürchtet hätte, der Schonung Ihrer Augen Eintrag zu thun durch Provokation längerer Erwiderungen auf meine Bedenken. Ich freue mich jetzt aufrichtig, Sie so schreibfähig zu sehen, noch mehr aber, dafs Sie nicht, wie ich glaubte, 79, sondern erst 76 Jahre alt sind. Dann mufs ich schon bitten, mit Ihnen wieder in brieflichen Verkehr treten zu dürfen. Für heute möchte ich nur 2 Punkte berühren. Vor allem wünschte ich den Irrtum zu beseitigen, als wenn ich zu den Gegnern gehörte, welche Proportionalität von Empfindung und psychophysischer Bewegung behaupten. Im Gegenteil, hierin habe ich immer auf Ihrer Seite gestanden, und Ihre Folgerung, dafs ich eine innere Schwelle nicht anerkennen könne, ist wirklich nicht zwingend. Ich sage nur: durch den Blutstrom und die Wärme u. a. ist jedes Sinnesorgan in ununterbrochener Erregung. Das werden Sie einräumen. Ferner: richte ich die Aufmerksamkeit auf diese schwache (positive) Erregung, während kein innerer oder äufserer Reiz hinzutritt, so habe ich die Empfindung der Ruhe des betreffenden Sinnesorgans, d. h. Schwarz im Auge, Stille im Ohr, Temperatur- und Druckgleichgewicht in der Haut, Geschmacks- und Geruchsindifferenz. Ist die Aufmerksamkeit nicht auf das ruhende Sinnesorgan gerichtet, so ist die Erregung unter der inneren Schwelle, die Empfindung negativ. Für mich ist gerade die innere Schwelle (und zwar völlig in Ihrem Sinne) unentbehrlich; und ich wundere mich,*

wie Sie meine Auffassung der Ruhe der Sinnesorgane im wachen Zustande, welche doch keine physikalische Ruhe ist, nicht acceptieren. Sie paſst in allen Punkten in Ihre Psychophysik besser als Ihre eigene Ansicht, da diese für das Auge eine Ausnahmestellung verlangt. Wenn die Stille nur „Abwesenheit von Schallempfindung“ wäre, so ist schlechterdings nicht einzusehen, wodurch sich die Empfindung des ruhenden Ohres von der Empfindung des Fingers unterscheidet. Doch ich wollte diesmal noch nicht die sachliche Begründung mit Würdigung Ihrer sämtlichen Einwände vornehmen, weil ich noch einen zweiten Punkt zur Sprache bringen möchte: die notwendige neue Auflage Ihrer „Elemente“. Ich bin sehr gern bereit, Ihnen in jeder Hinsicht dabei zu helfen. Nachdem Sie in Ihrer neuen Schrift bekundet haben, wie geläufig Ihnen die Psychophysik geblieben ist, kann es doch nicht so sehr schwer fallen, Ihr eigenes Werk kapitelweise durchzugehen und am Ende jedes Kapitels zu fragen: Was kann hinzugefügt werden? was muſs gestrichen, was verändert werden? So groſs die psychophysische Literatur nominell geworden ist, Sie brauchen doch nicht jede Schrift, die das Wort Psychophysik auf dem Titel trägt, zu berücksichtigen. Erlauben Sie mir eine unmaſsgebliche Meinungsäuſserung, so würde ich alle Bemühungen darauf richten, das Gesetz für Intensitäten zu beweisen und alles übrige mehr nebenbei behandeln, resp. stehen lassen, falls es noch zutrifft. Eine gänzliche Umarbeitung des Werkes würde allerdings Ihnen wohl beschwerlich werden, aber eine Nötigung dazu liegt nicht vor. Es liegt die Notwendigkeit vor, möglichst bald die „Elemente der Psychophysik“ neu herauszugeben. Niemand kann es Ihnen zum Vorwurf machen, wenn Sie in der neuen Auflage nicht alles berücksichtigen, was in die Psychophysik gehört und was seit 17 Jahren hineingewachsen ist. Jeder wird Ihnen aber dankbar sein, wenn Sie Ihr groſses Werk neu edieren. Man wird dann wissen, was Sie selbst aufrecht halten, und ich meine denn doch, das wäre genug, um die 17jährige edle und wunderbar fesselnde Wissenschaft der Psychophysik, welche Sie ins Leben riefen, für die nächste Zukunft auszustatten.

Chodins Abhandlung folgt hierbei. Vielleicht finden Sie doch die Abweichungen vom Gesetz klein genug, um sie auf ungenügende Versuchszahl, persönliche Fehler, kurz auf experimentale Mängel zurückzuführen. Ich kann das jedoch bis jetzt nicht.

In vorzüglicher Hochachtung

Ihr

Preyer.

Leipzig, den 15. Oktbr. 77.

Hochgeehrter Herr Professor,

Besten Dank für die Zusendung der CHODINschen Abhandlung und Ihr freundliches Begleitschreiben. Da ich meine Adresse auf dem Umschlage der Abhandlung finde, so darf ich vielleicht voraussetzen, dafs ich dieselbe behalten darf, was mir ganz erwünscht wäre; sollte es aber Ihr einziges Exemplar sein, so bitte ich um eine Notiz darüber. Was ich im allgemeinen über CHODINS Untersuchung zu sagen wüfste, wäre etwa folgendes:

Die Methode des Verfassers, bei welcher die Fehldistanz durch feste Strichziehung bestimmt wird, scheint mir an sich weniger Zutrauen zu verdienen, als die von mir und VOLKMANN mit Hin- und Herrückung eines Fadens oder einer Zirkelspitze, und jedenfalls stellt sich die geringere Leistungsfähigkeit seiner Methode durch Vergleichung der Resultate selbst heraus. Bei mir und VOLKMANN stimmen die mittleren relativen Fehler für je zwei aufeinanderfolgende Normaldistanzen im allgemeinen bis auf kleine zufällige Unterschiede überein, beim Verfasser schwanken sie auf- und absteigend in weiten Grenzen. Meine und VOLKMANNS Reihe stimmen gut miteinander, indes die verschiedenen Reihen des Verfassers an Übereinstimmung viel zu wünschen übrig lassen.

Worin alle Reihen des Verfassers wohl unter sich zusammenstimmen, ist, dafs unterhalb der Normaldistanz 10 mm von einer Bestätigung des WEBERschen Gesetzes nicht die Rede sein kann; aber schon aus VOLKMANNS Versuchen weifs man ja, dafs die Bestätigung nicht bis auf sehr kleine Distanzen herabgeht, nur dafs bei VOLKMANN der Anschlufs der Versuche mit sehr kleinen Distanzen an die mit gröfseren Distanzen fehlt, in welcher Beziehung die Versuche des Verfassers, ohne etwas Unerwartetes darzubieten, als ergänzend angesehen werden können. Unsere Bestätigungen des Gesetzes beginnen mit 10 mm und reichen (bei VOLKMANN) bis 240 mm. Innerhalb dieses Intervalles aber wüfste ich nicht, wiefern die Resultate des Verfassers auf Seite 95, 98, 99 den unsrigen widersprächen, wenn man nur die gewaltigen Unregelmäfsigkeiten wegdenkt. In der That hat man nach dem Verfasser zu einander gehörig

Distanz in Millim.	10	20	40	80	160	
Relat. mittl. Fehler	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{76}$	$\frac{1}{69}$	$\frac{1}{73}$	$\frac{1}{65}$	S. 95.
	$\frac{1}{60}$	$\frac{1}{53}$	$\frac{1}{57}$	$\frac{1}{48}$	$\frac{1}{56}$	S. 98.
	$\frac{1}{37}$	$\frac{1}{53}$	$\frac{1}{44}$	$\frac{1}{39}$	$\frac{1}{43}$	S. 99.

d. h. die relativen mittleren Fehler schwanken für die aufeinanderfolgenden Distanzen ganz unbestimmt und in den verschiedenen Reihen nach einem verschiedenen Gange um irgend einen mittleren Wert.

Die Resultate Seite 96 und 100 könnten dafür sprechen, daſs, wie bei den Lichtversuchen, die relative Unterschiedsempfindlichkeit mit steigender Normaldistanz bis zu gewissen Grenzen zunimmt, darüber hinaus aber wieder abnimmt, und an sich wäre das ja ganz möglich, mag auch bei noch gröſseren Distanzen, als bisher geprüft sind, eintreten; aber ich halte unsere Versuche, welche innerhalb jenes Intervalles eine solche Wiederabnahme in keiner Weise unzweideutig erkennen lassen, um so mehr für zuverlässiger als die des Verfassers, als diese ja selbst in dieser Hinsicht mit den obigen nicht stimmen.

Ihre Erklärung einer Übereinstimmung mit mir in manchen Punkten, wo ich eine wesentlichere Differenz zwischen uns voraussetzte, kann mir natürlich nur willkommen sein, doch dürfte die Differenz damit noch nicht gehoben sein. Meinerseits mache ich einen Unterschied zwischen dem, was auf Rechnung der Aufmerksamkeit und was auf Rechnung der sinnlichen Empfindung kommt, den Sie nicht machen oder wenigstens nicht in derselben Weise machen, und so gestaltet sich freilich Ihr Vorstellungssystem in betreff der hier einschlagenden Punkte sehr anders. Was ich über diesen Gegenstand zu sagen wüſste, habe ich kurz in meinem Schriftchen S. 85 f., ausführlicher in den *Elementen* II. 452 ff., gesagt; insofern Sie aber nicht davon befriedigt sind, dürften uns weitere Diskussionen darüber auch nicht weiter führen. Nur gelegentlich einiger Spezialbemerkungen in Ihrem letzten Schreiben noch folgendes:

Sie sagen: „Wenn die Stille nur Abwesenheit von Schallempfindung wäre, so ist schlechterdings nicht einzusehen, wodurch sich die Empfindung des ruhenden Ohres von der Empfindung des Fingers unterscheidet.“ Hiergegen meine ich: So lange wir die Aufmerksamkeit weder hierhin noch dahin richten, findet auch kein Unterschied statt; richten wir sie aber, so fühlen wir auch, ob wir sie hierhin oder dahin richten, selbst wenn keine Empfindung da ist, wie wir fühlen, wohin wir unsern Willensimpuls richten, ohne das noch eine Bewegung da ist; es ist eben eine Empfindung der Richtung der Aufmerksamkeit auf das eine oder andere Gebiet, ohne eine Empfindung in diesem Gebiet zu haben. Der Umstand, dafs wir überhaupt nicht gewohnt sind, Gehörsempfindung im Finger, Tastempfindung im Ohr zu suchen, kann bei der Unterscheidung mit in Betracht kommen.

Dafs die Erhebung der Gesichtsempfindung über die Schwelle nach meiner Auffassung einen Ausnahmefall bildet, ist freilich richtig; aber ich meine, man hat Ausnahmen nicht zu scheuen, wenn sie Gesetzen nicht widersprechen, — sagt man doch, keine Regel ohne Ausnahme. — Das Gesetz der inneren Schwelle läfst aber die Ausnahme von der Regel, dafs die Empfindungen der äufsern Sinne unter der Schwelle bleiben, recht wohl zu, und einen teleologischen Grund dieser Ausnahme suche ich darin, dafs, wenn das Auge normalerweise unter der Schwelle wäre, der äufsere Lichtreiz erst bis zu einer gewissen Gröfse ansteigen müfste, um etwas zu sehen; wir sollen aber bei Tage immer und überall sehen, indes es nicht eben so wichtig scheint, immer zu hören, zu riechen, zu fühlen, vielmehr nützlich sein kann, die Gesichtsempfindung nicht immer dadurch zu stören, daher die andern Sinne aufser dem Gesicht normalerweise immer etwas unter der Schwelle bleiben.

Sie drängen mich mit grofser Freundlichkeit dazu, eine neue Ausgabe der *Elemente* in Angriff zu nehmen; aber die Sache liegt doch nicht so einfach für mich, als es scheinen mag, und mein Wollen wird wesentlich von meinem Können abhängen. Jedenfalls müfste ich vorerst noch einige kleine, von der Psychophysik abseitsliegende Sachen, die einmal angefangen sind, abthun; um nicht in einen alten, aber mit dem Alter immer bedenklicher werdenden, Fehler, immer Eins über dem Andern liegen zu lassen, zurückzufallen. Ausserdem steht in nächster Zeit

das Erscheinen eines neuen Werkes über Psychophysik von einigen 20 Bogen, welches sich kritisch zu allen bisherigen Untersuchungen, die meinigen nicht ausgeschlossen, verhält, bevor. Der Verfasser, Dr. G. E. MÜLLER. Privatdozent in Göttingen, ist, wie ich aus einer Unterhaltung mit ihm schliefse, da er mich vor einiger Zeit besuchte, ein scharfsinniger Kopf, hat zwar nicht selbst experimentiert, aber die bisherigen Untersuchungen mit grofser Aufmerksamkeit und, wie ich glaube, Einsicht verfolgt, liest auch über Psychophysik, kurz, scheint die Sache derselben in die Hand nehmen zu wollen, tritt mir aber keineswegs in allen Stücken bei, ohne dafs ich die Gründe seiner Opposition schon hinreichend kenne. Nun wird doch erst abzuwarten sein, wiefern sein Werk einem etwa gefühlten Bedürfnis entspricht. Jedenfalls habe ich mich je länger je mehr von der Schwierigkeit, es in diesem Felde Jemand recht zu machen und von der Schwierigkeit des Feldes selbst überzeugen müssen, und trete nicht ungern die Wiederaufnahme des schwierigen Versuches Andern ab.

Mit vorzüglicher Hochachtung

Ihr ergebenster

FECHNER.

Jena, 24. Okt. 1877.

Hochgeehrter Herr Professor,

Ich war verreist, sonst hätte ich schon früher Ihren freundlichen Brief beantwortet.

Die Chodinsche Abhandlung gehört Ihnen. Ihrer Bemerkung bezüglich der Mangelhaftigkeit der Methode kann ich nicht ganz beistimmen, aber nur aus dem Grunde nicht, weil mir die Erfahrung über die Vergleichung der Strichziehung, Fadenschiebung und Zirkelspannung fehlt. Was Sie hervorheben, spricht allerdings gegen die Strichziehung als genauestes Verfahren. Es schien mir das bequemste. Die Hauptsache ist diese: Mich hat es etwas überrascht, dafs Sie Chodins Resultate nicht im Widerspruch mit dem Gesetz finden. Wir hatten wohl zu viel verlangt. Die Approximation ist in Anbetracht der grofsen Zahl der mitwirkenden Faktoren, S. 95, 98, 99, vielleicht genügend. Dr. Chodin ist jedoch ein so vorzüglicher

Beobachter, er arbeitet mit einer so maschinenmäfsigen Regelmäfsigkeit, so lauter und gewissenhaft und vorurteilsfrei, dafs ich eine viel weitergehende Approximation erwartete. Möge es Ihnen gelingen, die Versuche mit dem Gesetz in Einklang zu bringen oder die Ursachen der Abweichungen aufzudecken.

Bezüglich der neuen Ausgabe Ihrer „Elemente“ erlauben Sie mir wohl noch einmal die dringende Bitte auszusprechen, dieselbe nicht Anderen zu überlassen. Von allen Ihren Werken ist unstreitig die Psychophysik bei weitem die gröfste Leistung, und ich meine, es müfste Ihnen selbst, gerade bei der aufserordentlichen Verschiedenheit der Auffassungen, sehr viel daran liegen, Ihre eigene Grundlegung in der ihr von Ihnen gegebenen Form zu festigen. Andere Schriften, von solchen zumal, die nicht selbst experimentieren, erst abwarten wollen, scheint mir der Sache weniger förderlich, als die längere Hinausschiebung der 2. Auflage ihr schadet. Ich habe gleichfalls ein Kolleg über Psychophysik gelesen und weifs, dafs das Interesse daran ein sehr grofses war und im Zunehmen ist. Ich werde höchst wahrscheinlich im Sommer das Kolleg wieder ankündigen. Was not thut, ist ein Buch, welches in die Psychophysik einführt und die Thatsachen sowie die aus ihnen abgeleitete Theorie in der verständlichen Weise, wie es in den „Elementen der Psychophysik“ der Fall ist, giebt, damit man weifs, woran man sich zu halten hat. Wer sich mit der Psychophysik befreunden will, kommt jetzt, nachdem die 1. Auflage vergriffen ist, in die gröfste Verlegenheit. Vor lauter Kritik und Polemik kommt man nur schwer zur Kenntnis der ursprünglichen Lehre. Könnten Sie nicht wenigstens einen Auszug veranstalten, der nur die Thatsachen, Mafsmethoden und die Begründung der wichtigsten Formeln enthielte? Die in den „Elementen“ so häufig zitierten „Mafsmethoden“ sind wohl nicht leicht druckfertig zu machen? Deren Veröffentlichung würde allerdings für ein längeres Zögern mit der 2. Auflage einigermafsen entschädigen. Doch fast mufs ich fürchten, Ihnen lästig zu werden. Nur dafs ich nicht pro domo mea, *sondern für das Ihrige plaidire, rechtfertigt meine Ausführlichkeit.*

Bezüglich der zwischen Ihnen und mir noch bestehenden Differenz, die Empfindung der Ruhe betreffend, scheint sich der Unterschied dahin zuzuspitzen, dafs Sie die Empfindung der Richtung (des Richtens) der Aufmerksamkeit auf ein ruhendes Sinnesgebiet für etwas wesentlich anderes ansehen, als die Empfindung des Gerichtetseins der Aufmerksamkeit auf das ruhende Sinnesgebiet. Für mich wie für Sie ist die Empfindung, so lange die Aufmerksamkeit n i c h t auf das betreffende

Sinnesgebiet gerichtet ist, negativ; für mich steigt ferner das Gebiet im Moment, wo die Aufmerksamkeit sich auf es richtet, über die innere Schwelle. Fehlt nun jeder äufsere Reiz, so wird die minimale Erregung durch die Wärme, den Blutstrom u. s. w. diejenige Empfindung bedingen, welcher die Aufmerksamkeit zu teil wird, d. h. im Auge die Finsternis, im Ohr die Stille, im Munde den Geschmack der Mundflüssigkeit u. s. w. Es liegt hierin auch nicht das Geringste, was mit der Psychophysik im Widerspruch wäre. Ich erinnere mich noch lebhaft der Finderfreude, als es mir auf einmal ganz klar wurde, dafs in dem Augenblick, wo die Aufmerksamkeit sich einem Sinnesgebiet zuwendet, die innere Schwelle überschritten wird. Falls Sie hiermit einverstanden sind, brauche ich keine weiteren Gründe anzuführen für die Stille als positive Empfindung, wie das Augenschwarz. Andernfalls mufs ich schon eingehender, mich genau an Ihre Einwände im vorletzten und letzten Briefe haltend, meine Behauptung begründen. Da Sie eine briefliche Diskussion nicht ersprießlich finden, müfste ich wohl Gelegenheit suchen, öffentlich den Passus aus „In Sachen der Psychophysik“ zu besprechen.

Es würde mir aber sehr lieb sein, von Ihnen zu erfahren, ob Sie dem unterstrichenen Satze nicht Ihre Zustimmung — und sei es auch nur eine bedingte — erteilen können.

In vorzüglicher Hochachtung

Ihr ergebenster

Preyer.

Leipzig, den 29. Oktbr. 77.

Hochgeehrter Herr Professor,

Wenn ich ein Fernrohr auf den Punkt gröfstmöglicher Deutlichkeit einzustellen suche, thue ich es nicht mit einem Schub, sondern wiederholtem Hin- und Herschieben, und so scheint es mir allerdings auch bei den Augenmafsversuchen vorzuziehen, das Einstellen auf den Punkt scheinbar gröfster Gleichheit nicht sozusagen auf einen Schub, sondern mit wiederholtem Hin- und Herschieben vorzunehmen; aber ich gebe zu, dafs sich erfahrungsmäfsig zwischen beiden Methoden doch nur durch vergleichende Ausführung beider wird

entscheiden lassen, die nicht vorliegt, und daſs durch die Menge der Versuche der Mangel an Sicherheit der einzelnen kompensiert werden kann. Mathematisch nimmt jedenfalls mit der Gröſse der Schwankungen der einzelnen Fehler auch die Unsicherheit des mittleren Fehlers, der das Maſs giebt, oder der wahrscheinliche Fehler desselben zu. Abgesehen davon dürfte dem Einen wohl ebenso frei stehen, in dem Resultate der Chodinschen Versuche eine Widerlegung des Gesetzes und hiemit des Resultates unsrer Versuche zu sehen, als dem Andern eine nur unvollkommnere Bestätigung des Gesetzes als durch unsere Versuche zu sehen; und hiezwischen wird zunächst keine Entscheidung möglich sein.

Daſs Sie Gewicht darauf legen, meine *Elemente* neu aufgelegt zu sehen, kann mich nur erfreuen, und gewiſs finde ich darin einen Antrieb mehr, daran zu gehen; auch wird es ja geschehen, wenn es der Zustand meiner Augen noch zuläſst. Dieser ist aber immer so wacklig, daſs ich es zunächst vorziehen muſs, ein paar kleine Arbeiten zu vollenden, bei denen ich die Aussicht habe, daſs sie sich vollenden lassen, als an die gröſsere Arbeit zu gehen, bei der diese Aussicht für mich höchst prekär ist. Indes hoffe ich noch, daſs der Zustand sich in günstigem Sinne wieder etwas befestigen wird, wenn ich die Augen durch Vermeidung vielen Nachlesens längere Zeit schone, was bei sofortigem Inangriffnehmen der neuen Ausgabe schlechthin nicht möglich sein würde. Und schlieſslich kommt doch nicht zu viel darauf an, ob es dazu kommt; was von der ersten Auflage bleiben kann, wird ohne das bleiben.

Anlangend die Empfindungen der Ruhe, der Stille, so schlieſsen Sie Ihre neuerlichen Bemerkungen darüber mit folgendem Passus ab.

„Ich erinnere mich noch lebhaft der Finderfreude, als es mir auf einmal ganz klar wurde, d a ſ s i n d e m A u g e n b l i c k, w o d i e A u f m e r k s a m k e i t s i c h e i n e m S i n n e s g e b i e t z u w e n d e t, d i e i n n e r e S c h w e l l e ü b e r s c h r i t t e n w i r d. Falls Sie hiermit einverstanden sind, brauche ich keine weiteren Gründe anzuführen für die Stille als positive Empfindung wie das Augenschwarz“.

Hierauf kann ich allerdings nur mit einer einfachen Verneinung des Einverständnisses antworten. Nach mir wird, wenn die Aufmerksamkeit bei Abwesenheit äuſseren Schallreizes

und innerer Halluzination, sich auf das Gehörsgebiet richtet, die Schwelle der Aufmerksamkeit aber nicht der Gehörsempfindung in diesem Gebiete überschritten (indem die Aufmerksamkeit dabei in andern Gebieten unter die Schwelle sinkt), ein Unterschied, den Sie beharrlich ablehnen oder auf den Sie sich wenigstens nicht einlassen. Vielmehr setzen Sie, wenn ich Ihre Ansicht recht verstehe, voraus, daſs die Aufmerksamkeit ihre Wirkung darin äuſsere, daſs sie „die minimale Erregung durch die Wärme, den Blutstrom u. s. w.,“ die verstärkt imstande ist, Gehörs-Empfindung abzugeben, über die Schwelle treibe und hiemit die positive Empfindung der Stille gebe. Aber warum nicht vielmehr die Empfindung des Geräusches, des Tones, des Klanges, welcher seiner Qualität nach der Beschaffenheit jener minimalen Erregung entspricht, sofern die Schwelle der sinnlichen Empfindung durch Zuwendung der Aufmerksamkeit überstiegen sein soll? Ganz qualitätslos kann doch die Empfindung, die jener Erregung entspricht, nicht sein. Wie kann man überhaupt von einer positiven Gehörs-Empfindung über der Schwelle bei der Stille, und noch dazu mit psychophysischer Bedeutung sprechen, wenn man dabei keine jener Qualitäten zu entdecken vermag, die bei entschiedener Steigerung über der Schwelle entschieden verstärkt auftreten, und um deren Intensitätsmessung es sich in der Psychophysik handelt? Entdeckt man aber noch etwas davon, — wie man im Auge allerdings etwas dergleichen entdeckt — so hat man noch nicht die volle Stille. Sie haben mir diese, Ihnen schon früher gestellte, Frage unbeantwortet gelassen. Und wenn die Aufmerksamkeit den specialen Prozeſs, welcher eine speciale sinnliche Empfindung gibt, über seine Schwelle treiben könnte, so sollte eine verstärkte Aufmerksamkeit ihn höher darüber emportreiben, also ein Schall durch verstärkte Aufmerksamkeit lauter klingen, ein graues oder weiſses Papier heller erscheinen, was nicht der Fall ist. Diese und damit verwandte Thatsachen nöthigen mich nun eben, den Prozeſs der Aufmerksamkeit und der sinnlichen Empfindung erst psychologisch, und hiernach auch psychophysisch, so zu unterscheiden, wie es an den Orten, auf die ich mich im vorigen Briefe bezog, geschehen, von Ihnen aber nicht geschieht. Und so gestehe ich, daſs ich mich weder von begrifflicher noch von faktischer Seite in Ihre Betrachtungsweise zu finden weiſs;

sehe aber wohl, dafs es Ihnen ebenso mit meiner Betrachtungsweise geht; und da wir solchergestalt nicht weiter kommen, wird es freilich am geratensten sein, wenn wir die Diskussion darüber abbrechen, und Sie Ihr System einem Publikum, das noch kein System hat, dem meinigen gegenüber vorlegen.

Mit vorzüglicher Hochachtung

der Ihrige

Fechner.

Jena, am 30. November 1882.

Hochgeehrter Herr Professor,

Ihr neues Werk, „Revision der Hauptpunkte der Psychophysik“, welches Sie mir freundlichst zusandten, ist mir eine in hohem Grade erfreuliche Erscheinung, und ich spreche Ihnen für das stattliche Geschenk meinen lebhaften Dank aus. Wenn ich in einem früheren Briefe Sie zu bewegen suchte, eine neue Auflage Ihrer „Elemente der Psychophysik“ auszuarbeiten, so sehe ich in diesem Buche in der That schon diesen Wunsch zum Teil erfüllt.

Eine Hauptsache ist die Wahrung Ihrer „Grundlegung der Psychophysik“ gegen die Angriffe von G. E. Müller. — Bezüglich Ihres Vorschlages (S. 174), Versuche darüber anzustellen, ob 2 einfache Töne von geringer Schwingungsdifferenz gleich leicht in betreff ihrer Höhe unterschieden werden können, wenn sie in der Intensität mehr oder weniger voneinander abweichen, erlauben Sie mir die Bemerkung, dafs allein schon durch geringe Zunahme seiner Stärke ein einfacher Ton aufhört ein einfacher Ton zu sein, indem Obertöne hinzutreten und diese die Unterscheidung der 2 Töne wesentlich erleichtern. Wollte man aber 2 Obertöne als einfache Töne (etwa mittelst der Resonatoren) vergleichen, so würde man sie nicht genügend isolieren können. Dafs wirklich bei „objektiv einfachen Tönen“ das Urteil über die Höhe verloren geht, habe ich experimentell bewiesen („Akustische Untersuchungen“ S. 49). Weder Musiker noch Andere können bei solchen Tonpaaren die Intervalle erkennen, während man dieselben bei stärkerem Anschlage (wegen der hinzutretenden Obertöne) leicht erkennt. Es ist also hiernach gewifs, dafs das Webersche Gesetz bei konstantem a sich für n nicht bestätigt. Denn wenn Sie

sagen, dafs meine Versuche für die Konstanz des a keine Gewähr bieten, so antworte ich, dafs bei geringer Zunahme des a das Verhältnis n : n' kenntlich wird und eine Abnahme des a oder a' an der Unkenntlichkeit des Intervalls nichts ändert, vorausgesetzt, dafs es eben von Anfang an nicht so grofs ist, um Obertöne hörbar werden zu lassen. Dabei ist wesentlich, dafs bei meinen Versuchen a garnicht minimal, sondern so gewählt war, dafs man sehr bequem auch in einem Abstand von mehreren Metern die einfachen Töne hören konnte.

Aus meiner Schrift über die „Elemente der reinen Empfindungslehre“ (S. 45, § 22) werden Sie ersehen haben, dafs ich meine in früheren Briefen gegen Ihre negativen Empfindungswerte erhobenen Bedenken gröfstenteils fallen gelassen habe. Kompetente Mathematiker geben meine Deutung S. 72 als durchaus möglich zu. Dafs es so sein mufs, läfst sich allerdings noch nicht zeigen.

Indem ich hoffe, dafs Sie noch dazu kommen werden, eine Neubearbeitung der „Elemente“ und Publikation der dazu gehörigen Versuche, soweit sie noch nicht vorliegt, zu veranstalten, bleibe ich

stets verehrungsvoll

Ihr

W. Preyer.

Jena, am 11. Dezember 1882.

Hochgeehrter Herr Professor,

Sie haben in Ihrem Buche ,,Revision u. s. w.“ die psychophysische und physiologische Ansicht einander gegenübergestellt, ohne den Beweis für die Richtigkeit der einen oder der anderen zu liefern. Dieser Beweis würde erbracht sein, wenn die Existenz oder Nichtexistenz der inneren Schwelle bewiesen wäre. Mir ist nun eingefallen, dafs ich bereits 1878 und 1879 (vergl. den beifolgenden Separatabdruck)* eine Reihe von Experimenten mit dem Telephon ausgeführt habe, welche die Existenz der inneren Schwelle, somit die Richtigkeit Ihrer Ansicht (der psychophysischen Auffassung) beweisen.

---

* Aus den Sitzungsberichten der Jenaischen Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaft. Jahrgang 1879. Sitzung vom 21. Februar. „Die akumetrische Verwendung des Bellschen Telephons“ von W. Preyer (hier S. 194). [P. 1890]

Das Experimentum crucis *ist dieses: Wird ein intermittierender Strom durch ein Telephonpaar, welches durch einen Draht verbunden ist, geleitet und nach Anlegen eines Telephons l an ein Ohr l′ so abgeschwächt, dafs der Ton eben garnicht mehr gehört wird, und mit dem anderen Telephon r und anderen Ohr r′ ebenso verfahren, so hört man sehr deutlich den Ton (mitten im Kopf) beim Anlegen beider Telephone an beide Ohren zugleich.*

Dieser Versuch wurde von Tarchanoff und von mir angestellt, von Tarchanoff zuerst publiziert, so dafs ich ihn in dieser Form, die für den vorliegenden Zweck genügt, lediglich bestätigt habe. Ich erwähne dieses nur, um Zweifel an der Richtigkeit der Thatsache zu beseitigen.

Dieselbe beweist meines Erachtens unwiderleglich die Existenz der inneren Schwelle (Empfindungsschwelle).

Wenn das Telephon l am Ohr l′ nicht mehr gehört wird, ist die psychophysische Bewegung λ im Hörnerven nicht erloschen, ebenso wenn das Telephon r am Ohr r′ nicht mehr gehört wird, die psychophysische Bewegung ϱ nicht, weil ja, wenn l + r auf l′ + r′ einwirken, ein Ton gehört wird. λ allein genügt nicht, ϱ allein auch nicht, die für das Centrosensorium erforderliche psychophysische Bewegung hervorzurufen. Aber (λ + ϱ) genügt, und dafs nun von beiden Ohren etwas gehört wird (nach Ueberschreitung der inneren Schwelle), wird durch die intracranielle (mediane) Lokalisation bewiesen.

Wenn Sie diesen Beweis für die Richtigkeit der psychophysischen Ansicht anerkennen, wäre er wohl wert, veröffentlicht zu werden.

In gröfster Hochachtung

Ihr

Prof. Preyer.

Leipzig, d. 15. Dezbr. 82.

Hochgeehrter Herr Professor,

Die Aufmerksamkeit, die Sie meinem neuen Buche geschenkt und die dadurch hervorgerufenen Bemerkungen in Ihren zwei Schreiben haben mich natürlich nur erfreuen und interessieren können. Was ich etwa dazu, und beziehentlich dagegen, zu sagen wüfste, wäre ungefähr folgendes:

In Ihrem ersten Schreiben finde ich mich durch folgende Bemerkung in Zweifel versetzt. Sie schreiben: „Dafs wirklich

bei objektiv einfachen Tönen das Urteil über die Höhe verloren geht, habe ich experimentell bewiesen," und Sie beziehen sich in dieser Hinsicht auf Ihre „*Akustischen Untersuchungen*", pag. 49. Aber hier ist bloſs bewiesen, daſs der Unterschied zwischen Konsonanz und Dissonanz verloren geht oder unsicher wird, aber nicht, daſs die Empfindung eines Höhenunterschiedes dabei verloren geht, ja ich vermisse eine Erörterung darüber, ob beides zusammenhängt. Natürlich können reine Versuche hierüber bloſs mit objektiv einfachen Tönen angestellt werden, die zudem so schwach sind, daſs die subjektiven Obertöne unter die Schwelle fallen. Sollte man nun wirklich behaupten können, daſs bei solchen Tönen kein Unterschied empfunden werde, wenn sie in der Schwingungszahl differieren, und daſs er nicht als gröſser empfunden werde, wenn sie stärker darin differieren, daſs sie vielmehr bei ganz verschiedener Schwingungszahl miteinander verwechselbar sind? Im Gegenteil geben Sie ja zu, daſs Unterschiede zwischen solchen Tönen den Eindruck guter Quinten, Quarten, Terzen u. s. w. machen können; dazu müssen aber doch Unterschiede zwischen verschieden hohen Tönen ohne Obertöne überhaupt empfunden werden.

Wenn aber wirklich bei objektiv und subjektiv einfachen Tönen ein Höhenunterschied empfunden wird, so ist ja die Frage, ob die Empfindung dieses reinen Höhenunterschiedes nicht dem Weberschen Gesetze folgt, noch ganz unerledigt, da noch keine reinen Versuche in dieser Hinsicht angestellt sind. Sind Obertöne da, so bestimmt sich unstreitig die Unterscheidung hauptsächlich nach den Verhältnissen von diesen, und ohne Ausschluſs dieser Komplikation wird sich nichts Sicheres schlieſsen lassen. Es würde sich also ganz von vorn fragen, ob bei objektiv und subjektiv einfachen Tönen die Unterschiedsschwelle sich nicht mit der Tonhöhe ändert, ob sie sich nicht gemäſs dem Weberschen Gesetze ändert, und ob nicht die Stärke (Amplitude) Mit-Einfluſs hat. Wäre aber letzteres der Fall, so könnte sich doch möglicherweise das Webersche Gesetz für die verschiedenen Höhen bei Kombination einer jeden mit einer angemessenen Stärke bestätigen, und könnte man experimentell zusehen, ob sich wirklich zu jeder abgerundeten Höhe eine derartig abgerundete Stärke (mit fehlenden subjektiven Obertönen) finden lieſse, um dem Weberschen Gesetze zu entsprechen. Auch würde ich die Sache schon in

meinem Buche so dargestellt haben, wenn mir der Sachverhalt schon so klar vorgelegen hätte, als er mir jetzt zu liegen scheint, und ich glaube da zwar nichts Falsches, aber auch nichts Zulängliches darüber gesagt zu haben, bin übrigens zu sehr Laie in der Tonlehre, um nicht noch Gegenbemerkungen von Ihrer Seite entgegenzusehen.

Einigermaſsen befremdet hat mich der Eingang Ihres zweiten Schreibens, wo Sie kategorisch sagen, daſs ich „keinen Beweis für die Richtigkeit der psychophysischen oder physiologischen Ansicht geliefert habe", nachdem ich allerdings einen solchen pag. 225—226 meines Buches geliefert zu haben meine, ohne von Ihnen etwas dagegen gesagt zu finden, auch die von mir pag. 243—245 vorgebrachte Thatsache für das Dasein einer inneren Schwelle bisher durch nichts, jedenfalls nicht durch Müller, entkräftet ansehe. Aber sei dem wie ihm sei, so würde ein noch direkterer und jeden möglichen Einwand von vornherein abschneidender Beweis für die innere Schwelle und hiemit für die psychophysische Ansicht natürlich nur sehr willkommen sein können, und als solchen glaubte ich für den ersten Anblick den mir von Ihnen mitgeteilten Tarchanoffschen Versuch begrüſsen zu können. Aber näher zugesehen scheint er mir noch einen Einwand zuzulassen, von dem ich inzwischen glaube, daſs er sich durch ein paar Nebenversuche heben lassen wird; ohne das aber möchte ich den Versuch noch nicht für ganz durchschlagend halten.

Sie bringen mit Tarchanoff den Schall, der durch einen Receptor am einen Ohre vernommen wird, unter die Schwelle herab, aber unstreitig zum sichern Gelingen des Versuches, nicht weit unter die Schwelle herab. Er wird nicht gehört. Tritt ein gleicher Schall durch die gleiche Vorrichtung am andern Ohre hinzu, so wird er gehört, indem jetzt beide Schalle unter der Schwelle sich im Sensorium zu einem Schalle über der Schwelle verstärken, und dazu müssen doch beide zum Sensorium gelangt sein. Also kann der Umstand, daſs jeder für sich keine Empfindung giebt, nicht daran hängen, daſs im Sinne der physiologischen Ansicht der Schall zu schwach war, um bis zum Sensorium durchzudringen, sondern nur daran, daſs er für sich im Sensorium selbst noch zu schwach ist, empfunden zu werden, und hierzu des Uebersteigens einer inneren Schwelle bedarf, welches durch Zutritt des andern Schalles vermittelt

wird. Das scheint ganz einleuchtend und wird von TARCHANOFF und Ihnen selbst so gefaſst.

Aber jetzt stellen wir einmal den Versuch erst bloſs an einem Ohre *A* mit einem der Schwelle nahen Schalle an und fügen eine kleine Verstärkung desselben durch einen andersher durch die Kopfknochen zugeleiteten Schall hinzu, so wird der Schall hörbar werden, indem er, vorher der Schwelle nahe, sie jetzt übersteigt, ohne daſs es einer inneren Schwelle dazu bedarf, da man annehmen kann, daſs er erst nicht stark genug war, um bis zum Sensorium vorzudringen, durch die hinzugefügte Verstärkung aber stark genug dazu wird. Eine solche Verstärkung aber erleidet der durch das Ohr *A* eindringende Schall, wenn nun der andere Receptor mit einem der Schwelle nahen Schalle an das Ohr *B* appliziert wird, indem ein Teil seines Schalles durch die Kopfknochen bis zum Ohre *A* fortgeleitet wird und den durch dasselbe direkt eindringenden Schall verstärkt. Die entsprechende Verstärkung erfährt der durch das Ohr *B* direkt ins Innere zugeleitete Schall von *A* her, und so können beide, jedes vom andern Ohre her, durch die Überleitung mittelst der Kopfknochen eine solche Verstärkung erfahren, um bis zum Sensorium durchzudringen, womit der Beweis für eine innere Schwelle hinfällig wird.

Irre ich aber nicht, so läſst sich der daher zu entnehmende Einwand so beseitigen, daſs man Nebenversuche mit Anbringung der Receptoren an beiden Ohren zugleich anstellt, von denen aber nur *A* offen, hingegen *B* so gut verstopft ist, daſs kein Schall direkt durch dasselbe eindringt, wohl aber eine Verstärkung zu *A* gelangt, und daſs man denselben Versuch umkehrt, indem man *B* offen läſst und *A* verstopft, beidesfalls aber den Schall etwas unter die Schwelle bringt. Wenn nun bei jedem beider Versuche trotz der Verstärkung, die der Schall in jedem Ohre für sich vom andern Ohre her empfängt, kein Schall gehört wird, nachher aber bei Anstellung mit beiden offenen Ohren, unter Anwendung derselben schwachen Schalle, eine Schallempfindung entsteht, so ist, denk' ich, der Einwand widerlegt. Denn sollte bei letzterem Hauptversuch mit beiden offenen Ohren der Schall jederseits erst durch Zuleitung vom andern Ohre her so weit verstärkt worden sein, um zum Sensorium durchzudringen, so hätte dies ja auch schon bei jenen Nebenversuchen mit einseitig verstopftem Ohr der Fall sein

müssen, wo schon dieselbe Verstärkung stattfand. Jedenfalls wäre es schade, wenn der Versuch nicht in einer oder der andern Weise beweiskräftig gemacht werden könnte, wozu er doch die Anlage zu enthalten scheint, und vielleicht fallen Ihnen, als Sachverständigstem in diesem Falle, schon vorliegende Thatsachen ein, welche dazu ausreichen.

In jedem Falle dankbar für die freundliche Aufnahme, die Sie meinem Buche haben zukommen lassen, und die daran geknüpften Bemerkungen, mit vorzüglicher Hochachtung

der Ihrige

Fechner.

Jena, am 18. Dezember 1882.

Hochgeehrter Herr Professor,

Wenn ich in meinem letzten Briefe sagte, dafs Sie keinen Beweis für die psychophysische oder physiologische Ansicht liefern, so meinte ich „keinen zwingenden, keinen direkten, keinen experimentellen Beweis“, und das wird durch erneute Lektüre der S. 225—226 und 243—245 bestätigt. Sie häufen apriorische und Wahrscheinlichkeitsgründe empirischer Art, ohne doch direkt die Notwendigkeit der inneren Schwelle experimentell darzuthun. S. 226 ist Ihr Beweisgrund nur, dafs es kein physikalisches Prinzip giebt, wie es die physiologische Ansicht fordert. Nun sind aber die Nerven so eigentümlich, dafs sie vielleicht zur Begründung einer solchen logarithmischen Abhängigkeit eines Bewegungsvorganges von einem anderen führen können (so werden Müller & Gen. sagen, nicht ich). S. 243 fg. ziehen Sie die Aufmerksamkeit herbei, aber die Einwände Müllers gegen Ihre Verwertung derselben für eine innere Schwelle sind nicht widerlegt, sondern S. 246 Z. 2 nur als unklar bezeichnet. Kurz, Ihre ganze Verteidigung der psychophysischen Ansicht erzeugt bei dem für sie eingenommenen Leser den Wunsch, eine experimentelle Stütze von eindeutiger Art für die Existenz der inneren Schwelle zu haben. Als eine solche sehe ich den diotischen Telephonversuch an, und ich freue mich in der That,

dafs Sie keine anderen Bedenken gegen die Beweiskraft desselben hegen, als die Möglichkeit der Verstärkung des unterschwelligen Schalles beiderseits durch gekreuzte Kopfleitung. Wenn ich mich recht erinnere, werden aber viel stärkere Schallreize, als die in Frage kommenden überhaupt durch Kopfleitung garnicht percipiert; der von Ihnen selbst vorgeschlagene Kontrollversuch, den ich bald mit allen Kautelen anstellen werde, mufs daher die Beweiskraft des Versuches für die innere Schwelle nur verstärken.

Dafs übrigens T a r c h a n o f f *schon die Beobachtung, so wie ich als Beweis für die innere Schwelle (und damit die Richtigkeit der psychophysischen Ansicht) verwertet, wie Sie schreiben, ist mir nicht erinnerlich. Ich habe seine (sehr kurze) Mitteilung leider nicht zur Hand.* —*

Bezüglich des zweiten Punktes, der Ungültigkeit des W e b e r schen *Gesetzes für Tonhöhen, kann ich Ihnen nicht so ganz zustimmen. Zunächst ist klar, dafs das Urteil über die Gröfse des Tonhöhenunterschiedes (was ich nur der Kürze halber „Urteil über die Höhe" nannte) verloren geht, wenn das Urteil über die Konsonanz und Dissonanz eines Tonpaares verloren geht, wie es bei objektiv reinen Tönen der Fall ist. Schon diese eine Thatsache spricht gegen das* W e b e r sche *Gesetz. Denn ihm zufolge müfste z. B. eine Terz in tiefer wie in hoher Lage, mit und ohne Obertöne und Differenztöne, als Terz erkennbar sein und nicht für eine Sexte oder Quarte gehalten werden, wenn die beiden Töne einfach und rein sind, wie es thatsächlich der Fall ist.*

Ferner: Wenn die Unterschiedsempfindlichkeit für Tonhöhen dem W e b e r schen *Gesetz folgte, etwa der von Ihnen geäufserten Möglichkeit entsprechend (dafs passende Intensitäten zu wählen seien), dann würde doch der ganze Spielraum für die verlangten Änderungen des absoluten, noch merklichen Höhenunterschiedes nicht gröfser werden. Denn feststeht, dafs in jeder Höhe von 40 bis 2000 Schwingungen in der Sekunde 0,2 Schwingung von keinem Ohr sicher unterschieden wird und 0,5 Schwingung zwischen 100 und 1000 jedesmal sicher unterschieden wird. Also bleibt nur 0,3 einer Schwingung für die von Ihnen gewünschten Änderungen! Innerhalb dieses Intervalls von 1/3 einer Tonschwingung bei tiefen wie hohen Tönen müfste man also bei reinen Tönen experimentieren!*

---

* *Prof. v.* T a r c h a n o f f *hat an die obige Verwertung des Versuches überhaupt nicht gedacht, wie er mir selbst mitteilte.* [P. 1890]

Ich habe schon („Akust. Unters.“ S. 66) Müller geantwortet, dafs zur Begründung der Behauptung einer konstanten relativen Unterschiedsempfindlichkeit für Tonhöhen im Sinne Webers bei tiefen Tönen der kleinste absolute erkennbare Unterschied bis auf 0,06 Schwingung abnehmen und bei hohen derselbe bis auf 2,00 Schwingungen steigen müfste. Dafs Klangfarbe und Intensität solche Abweichungen von meinem Befunde 0,2 bis 0,5 unmöglich zu stande kommen lassen können, beweist schon (und zwar für einen Ton ohne Obertöne) die Sicherheit des Urteils bei Seebeck, Stone, Appunn und mir, wenn wir bei reinen Stimmgabeltönen von 440 Schwingungen bis zu 0,25 Schwingung unterschieden, nicht aber 0,5 Schwingung überhören zwischen 100 und 1000 Schwingungen. Nimmt man für den reinen Ton von 440 Schwingungen 0,25 Schwingung als Grenze des erkennbaren Unterschiedes, so müfsten Versuche, wie die von Ihnen vorgeschlagenen, um heute noch die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes für Tonhöhen zu begründen, notwendig kleinere Unterschiede für tiefere Töne und gröfsere für höhere finden lassen, sonst käme die Konstanz der relativen Unterschiedsempfindlichkeit nicht heraus. Zum Beispiel müfste sein:

Schwingungszahl	Erkennbarer Unterschied
55	0,03
110	0,06
220	0,12
440	0,25
880	0,50
1760	1,00

Die Beobachtungen beweisen gerade das Gegenteil: Nach unten wird der eben erkennbare Unterschied mit abnehmender Schwingungszahl gröfser, nach oben mit zunehmender kleiner (bis zu einer gewissen Grenze). Diese für Töne mit Obertönen festgestellte Thatsache müfste also für reine Töne verschiedener Intensität nicht gelten. Ich kann das nur für höchst unwahrscheinlich erklären („Grenzen der Tonwahrnehmung“ S. 35—36), weil zu viele Beobachtungen vorliegen, welche dagegen sprechen. Die geforderten Unterschiede von 0,03 und 0,06 Schwingung nachzuweisen, ist z. Z. nicht möglich. Sie sind keinesfalls hörbar.

Hiernach kann ich nicht zugeben, dafs gegründete Aussichten vorhanden sind, für objektiv reine Töne von variabler Intensität das

Webersche Gesetz bestätigt zu finden, bin aber sehr bereit, weitere Versuche darüber anzustellen (mit Stimmgabeln), wenn Sie es auch jetzt noch für nötig halten, um die von mir gefundene Ungültigkeit des Weberschen Gesetzes für Tonhöhen noch einmal zu beweisen.

In ausgezeichneter Hochachtung

Ihr

W. Preyer.

Ihr Buch beschäftigt mich fortdauernd.

Leipzig, d. 22. Dezbr. 82.

Hochgeehrter Herr Professor,

Wenn Sie meine Beweise für den Vorzug der psychophysischen Ansicht vor der physiologischen noch ungenügend finden, so kann ich ja nichts dagegen haben; es ist das Ihre Sache; meinerseits werde ich sie doch noch so lange für genügend halten, als ich sie nicht noch durch andere Betrachtungen, als Sie mir entgegenhalten, entkräftet finde. Aber ich habe schon erklärt, dafs ich mir als Partei in dieser Sache kein endgültiges Urteil anmafse, also machen Sie immerhin Ihre Bedenken geltend und streiten wir uns hier nicht weiter darüber, zumal ich selbst den Tarchanoffschen Versuch, einwurfsfrei hergestellt, höchst erwünscht finden würde, den Beweis für die psychophysische Ansicht auch in Ihrem Sinne zu einem zwingenden zu machen. Dafs er es bisher noch nicht ist, gestehen Sie selbst zu, indem Sie sich der dazu nötigen Vervollständigung noch annehmen wollen, die in der That nicht durch die Bemerkung überflüssig wird, dafs nach Ihrer Erinnerung „viel stärkere Schallreize als die in Frage kommenden überhaupt durch Kopfleitung garnicht percipirt werden," denn, wenn sie auch für sich unter der Schwelle bleiben, warum sollten sie, zu einem der Schwelle nahen Schalle verstärkend zutretend, denselben nicht über die Schwelle treiben können? Ein Bedenken in dieser Hinsicht aber finde ich durch den Versuch, wie er bisher vorliegt, noch keineswegs gehoben, freue mich aber, dafs Sie den Versuch darauf richten wollen, und wünsche, dafs er ein günstiges Resultat gewähre, das ich dann, nur mit dem Vorbehalt, „so weit ich es übersehe," in der That als das direktest Entscheidende für die innere Schwelle und

hiemit für die psychophysische Ansicht begrüſsen und die Wissenschaft Ihnen dafür ganz besonders verpflichtet halten würde. Denn wenn ich Ihre Deutung des Tarchanoffschen Versuches schon bei Tarchanoff selbst suchte, war das allerdings ein Miſsverstand. Aus dem Vorwort zu meinem Buche haben Sie jedenfalls gesehen, wie viel Gewicht ich auf die Entscheidung zwischen beiden Ansichten lege.

Was die Frage anlangt, ob das Webersche Gesetz in Bezug auf objektiv und subjektiv einfache Töne durch Ihre bisherigen Untersuchungen schon hinreichend widerlegt sei, so bin ich durch das, was Sie meinen Bemerkungen darüber in Ihrem vorigen Schreiben entgegensetzen, noch nicht vollständig überzeugt worden; aber es mag wohl sein, daſs es Ihnen mit meinen Gegenbemerkungen dagegen ebenso geht, wie mir mit den Ihrigen in obiger Sache. In meinem letzten Schreiben hatte ich gesagt: „Sollte man wirklich behaupten können, daſs bei solchen (objektiv und subjektiv einfachen) Tönen kein Unterschied empfunden werde, wenn sie in der Schwingungszahl differieren, und daſs er nicht als gröſser empfunden werde, wenn sie stärker differieren, daſs sie vielmehr bei ganz verschiedener Schwingungszahl miteinander verwechselbar sind?“ Hierauf antworten Sie garnicht direkt, sondern nur, daſs die musikalischen Intervalle, Terz, Quarte, Sexte u. s. w. bei ganz einfachen Tönen verwechselbar sind; und das ist freilich natürlich, wenn die Unterschiede der musikalischen Intervalle mit ihrem eigentümlichen Charakter von Konsonanz und Dissonanz auf Verhältnissen der Obertöne beruhen, diese aber fehlen und die Musiker doch solche noch aus Tonhöhenunterschieden nach Gewohnheit heraushören wollen und dann sich natürlich darüber täuschen. Aber damit ist doch garnicht bewiesen, daſs mit der Empfindung für die Charakterunterschiede der musikalischen Intervalle die Empfindung für die Höhenunterschiede verloren geht; ich finde aber beides von Ihnen überhaupt nicht unterschieden und vermisse mit dem Beweise für jene Solidarität die Erörterung darüber.

So viel ich es übersehe, läſst alles, was ich von Ihnen in Ihrer Abhandlung und in Ihrem Schreiben geltend gemacht finde, noch die Deutung zu, daſs die Unterscheidungsschwelle der Tonhöhe mit der Entleerung der Töne von Obertönen sehr wächst, weil die Hülfe, welche die Verhältnisse der Obertöne

für die Unterscheidung gewähren, wegfällt, nicht aber, dafs sie unendlich hoch wird, wie es der Fall wäre, wenn keine Unterscheidung einfacher Töne überhaupt stattfände, sondern der Unterschied auch bei gröfster Höhendifferenz zweideutig bliebe. Giebt es aber eine Unterscheidung von Tonhöhen ohne Hilfe von Obertönen, so kann auch die Frage des Weberschen Gesetzes nur durch Versuche entschieden werden, wo sie wegfällt, und dafs das bei den Versuchen, auf die Sie sich beziehen, der Fall gewesen, dafür geben Sie keine Garantie. Sie berufen sich u. a. auf die Sicherheit des Urteils von Seebeck, Stone, Appunn, sich selbst bei Versuchen mit „reinen Stimmgabeltönen", aber Sie geben selbst zu, dafs man die Stärke objektiv einfacher Töne nicht sehr zu erhöhen braucht, um (subjektive) Obertöne merkbar werden zu lassen, auf denen es sehr wohl beruhen kann, dafs über 0,5 Schw. hinaus überall sicher Unterscheidung eintritt, ohne dafs sie deshalb bei Tönen einzutreten braucht, die so schwach sind, dafs die Hilfe der Obertöne fehlt; und während Sie in ihrer Abhandlung selbst Gewicht auf den Unterschied legen, den es im Erfolge macht, ob die Töne, mit denen man operiert, schwach oder nicht schwach sind, lassen Sie in Ihrem Schreiben ganz unerörtert, ob die Versuche auf die Sie sich beziehen, so oder so angestellt waren. Gewifs aber haben die fremden Beobachter, die Sie nennen, nicht mit so schwachen Tönen operiert, um die nötige Sicherstellung in dieser Beziehung zu gewähren, und wenn Sie selbst es gethan, hätten Sie es angeführt; wonach es immer noch sehr wohl sein könnte, dafs bei wirklich objektiv und subjektiv zugleich einfachen Tönen die Unterschiedsschwelle der Höhe, statt überall durch 0,5 Schw. als Maximum begrenzt zu sein und demgemäfs einen sehr kleinen Spielraum zu haben, mit der Höhe fortgehend wüchse, und dann fraglich nur noch, ob im Sinne des Weberschen Gesetzes wüchse. Etwas Entscheidendes in dieser Hinsicht kann ich bisher nicht finden. Nun wäre es ja möglich, was ich als Laie in diesem Falle nicht beurteilen kann, dafs eine Durchführung der Versuche mit so schwachen Tönen, um den Einflufs subjektiver Obertöne überall sicher auszuschliefsen, praktischen Hindernissen begegnete; aber dann würde man doch nicht sagen können, das Webersche Gesetz bezüglich reiner Tonhöhen sei widerlegt, sondern nur, es sei experimental nicht darüber zu entscheiden.

Gelegentlich will ich bemerken, dafs mir Wundt gesagt, es seien schon seit einiger Zeit Versuche mit Stimmgabeln über die Frage des Weberschen Gesetzes in Bezug auf Tonhöhen in seinem Institute im Gange, die aber, nachdem erst manche Nebenschwierigkeiten zu überwinden waren, noch nicht soweit fortgeführt seien, um schon eine Entscheidung in betreff der Hauptfrage zu geben. Da ihm nun der Einflufs der Stärke der Töne auf das Erscheinen von Obertönen bekannt ist, denke ich, dafs er auch darauf Rücksicht nehmen wird, ohne indes dies Thema genauer mit ihm besprochen zu haben. Wollten Sie sich nun aber nicht entschliefsen, die Frage auch Ihrerseits nochmals in die Hand zu nehmen, da Sie jedenfalls die Priorität in Behandlung derselben haben, und es auch hier, so viel ich sehe, nur einer Vervollständigung Ihrer früheren Untersuchung mittelst Versuchen mit ganz schwachen Stimmgabeltönen bedarf?

Dafs ich kein fundamentales Gewicht auf die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes für Tonhöhen lege und seine Bewährbarkeit ohne Rücksicht auf die Amplitude überhaupt für sehr fraglich halte, habe ich schon in meinem Buche gesagt; doch möchte ich es auch nicht ohne entscheidende Gründe verloren geben.

Mit freundlichem Grufse und vorzüglicher Hochachtung

der Ihrige

Fechner.

Jena, am 27. Dezember 1882.

Hochgeehrter Herr Professor,

Ich habe Ihren letzten Brief nicht sogleich beantwortet, weil ich erst jetzt den von Ihnen vorgeschlagenen Telephonversuch genügend oft wiederholt habe, um sicher zu sein, dafs Kopfleitung das Resultat nicht beeinflufst. Die Herstellung gleicher Empfindlichkeit des Acceptors und Receptors ist etwas schwierig gewesen. Auch liefs sich die erforderliche Geräuschlosigkeit nur schwer herstellen, weil der Unterbrecher (in einem entfernten Zimmer) durch die Drahtleitung hindurch direkt gehört werden kann. Ich habe aber durch Anlegen der freien Telephone an den Kopf in passender Entfernung von der Drahtspirale.

deren induzierende Wirkung, ohne dafs die Unterbrechungen hörbar wurden, abstufen können. Das Technische wird Ihnen weniger interessant sein, als das Resultat. Es ergab sich, dafs allerdings, wie Sie vermuteten, der Schall nur sehr wenig unter die Schwelle sinken darf im rechten und linken Gehörnerven, wenn er beide zugleich erregend gehört werden soll. Der Schall darf nur eben so schwach sein, dafs man nichts hört, d. h. nicht mehr unterscheidet, ob der induzierende Strom ganz unterbrochen wird oder nach wie vor da ist. Zweitens stellt sich heraus, dafs meine Erinnerung richtig war: Viel stärkere Schallreize, als die in Frage kommenden, werden durch Kopfleitung garnicht perzipiert. Das leiseste Summen der Telephonplatte wird nicht deutlicher, das eben unhörbare nicht hörbar, wenn durch den Kopf von der anderen Seite oder derselben her dasselbe Summen oder ein lauteres zugeführt wird durch ein zweites Instrument. Endlich ist, wie hiernach nicht bezweifelt werden konnte, nach Verschliefsung eines Ohres und Zuführung identischer eben unterschwelliger Schallreize beiderseits, garnichts zu hören; nach Öffnung beider Ohren hört man aber bei denselben Schallreizen in dem Inneren des Kopfes (in der Medianebene) den Schall.

Die innere Schwelle ist also (und zwar zum erstenmale) experimentell bewiesen und damit die Richtigkeit Ihrer psychophysischen Ansicht. Ich halte das Resultat für sehr wichtig und war etwas verwundert aus Ihren Briefen zu erfahren, dafs Sie Ihre „Beweise“ für die psychophysische Ansicht genügend finden, obwohl es nur Gründe, aber keine direkten experimentellen Beweise sind. Sie sprechen selbst von einem Streite zwischen psychophysischer und physiologischer Ansicht und erklären (Allgem. Zeitung vom 6. Dezbr. d. J.) die physiologische Ansicht für möglich, lassen es sogar als möglich erscheinen (S. u. S. 225), dafs sie in Zukunft das Übergewicht gewinne. Da ich mich schon 1873 in meinen Schriften und Vorlesungen entschieden zu der von Ihnen bevorzugten psychophysischen Ansicht bekannte, so wurde ich durch Ihre neue Besprechung derselben angeregt, nach einem Beweise für die Unmöglichkeit der gegenteiligen Auffassung zu suchen. Der Angelpunkt ist die innere Schwelle. Existiert sie, dann ist die physiologische Ansicht unmöglich und die psychophysische erhält nicht allein das Übergewicht, sondern die Alleinherrschaft. Wenn ich nicht fürchtete Sie zu ermüden, würde ich noch einen Versuch zum Beweise für die innere Schwelle beschreiben. Da Sie aber als Schöpfer dieses Begriffs und der ganzen Psychophysik vollkommen berechtigt sind, „als Partei in dieser Sache“ den Prozefs für gewonnen zu erklären,

so wende ich mich gleich zu dem anderen Diskussionspunkt. Mir genügen meine Erfahrungen zum Beweise der Ungültigkeit des Weberschen Gesetzes für Tonhöhenunterschiede ($=\triangle$), Ihnen nicht.

Auf Ihre Frage: „Sollte man wirklich behaupten können, dafs bei solchen (objektiv und subjektiv einfachen) Tönen kein Unterschied empfunden werde, wenn sie in der Schwingungszahl differieren und dafs er nicht als gröfser empfunden werde, wenn sie stärker differieren, dafs sie vielmehr bei ganz verschiedener Schwingungszahl miteinander verwechselbar sind?“ antworte ich: dafs bei hohen Tönen von 4000 Schwingungen an, wo schon der erste Oberton (von mehr als 8000 Schwingungen) fast oder ganz unhörbar ist, allerdings solche Verwechselungen unvermeidlich sind, wie ich schon („Grenzen der Tonwahrnehmung“ S. 36 und 64) angab. Innerhalb der in der Musik verwendeten Tonreihe ist aber eine Verwechselung zweier ungleich hoher Töne mit Obertönen nur bei sehr kleinem $\triangle$, bei $\triangle < 0{,}5$ Schwingung häufig. Man kann nämlich 0,5 Schwingung überall erkennen; in derjenigen Lage, in welche die am häufigsten gehörten $\triangle$ fallen, unterscheidet man sogar 1/3 und 1/4 Schwingung, nämlich beim $\overline{a}$ und $\overline{\overline{c}}$. Nun sagen Sie, so geringe Unterschiede würden vielleicht nur durch die Obertöne wahrnehmbar, bei denselben Tönen ohne Obertöne würde das merkliche $\triangle$ vielleicht gröfser als 0,5 sein und mit der Tonhöhe zunehmen.

Ich erwidere, dafs thatsächlich die kleinsten bis jetzt wahrgenommenen $\triangle$ bei Stimmgabeln beobachtet sind, deren Kleinheit schon die Hörbarkeit des ersten Obertones (von 880 bezw. 1024 Schwingungen) sehr wenig wahrscheinlich macht. Denn („Akustische Untersuchungen“ S. 18. 19) nur wenn die $\overline{\overline{c}}$-Gabel stark schwingt, kann man überhaupt ihren ersten Oberton und zwar schwach hören; wenn sie aber, wie bei den fraglichen Versuchen, um Gleichmäfsigkeit (namentlich Fernhalten unharmonischer Obertöne) zu erzielen, schwach schwingt, hört man gar keinen Oberton. Also steht fest, dafs bei subjektiv und objektiv einfachen Tönen, die der Mitte der musikalischen Tonskala nahe liegen, die Unterschiedsempfindlichkeit bis zu 1/4 Schwingung geht. Sollte nun das eben merkliche $\triangle$ mit der Tonhöhe abnehmen, dann müfsten tiefere Töne noch geringere Unterschiede als 0,25 erkennen lassen, wie höhere nur gröfsere. Diese Forderung ist nach unten nicht mit den Thatsachen zu vereinigen, da schon Töne von 120 mit Obertönen [nicht unter] 0,4 Schw. (einer Saite) erkennen lassen, also dieselben ohne Obertöne (welche die Unterscheidung ja erleichtern sollen) nur eine gröfsere Differenz als 0,4 erkennen lassen dürfen. Somit bleibt für

eine experimentelle Prüfung nur das Intervall von $\bar{a}$ bis $\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{e}}}}}$. Wenn das Webersche Gesetz innerhalb dieser Strecke gültig wäre, ohne für die sämtlichen Töne unterhalb $\bar{a}$ zu gelten, dann könnte man doch das Gesetz nur für teilweise auf Tonhöhen anwendbar erachten. Selbst diese beschränkte Gültigkeit ist unwahrscheinlich, weil die Empfindlichkeit für die Reinheit der Oktave $\overline{\overline{e}} : \overline{\overline{\overline{e}}}$ gröfser ist als die bei $\bar{e} : \overline{\overline{e}}$ (vgl. „Grenzen der Tonwahrnehmung“ S. 56), was gegen eine Zunahme des eben merklichen △ im Sinne Webers spricht. Doch will ich nicht die Intervallempfindungen und Obertöne wieder herbeiziehen, vielmehr freut es mich von Ihnen zu vernehmen, dafs von anderer Seite meine Versuche zur Prüfung des Weberschen Gesetzes bei Tonhöhen mit einfachen Tönen wiederholt werden. Falls meine Resultate bestätigt werden, liegt kein Anlafs für mich vor, die sehr zeitraubenden und schwierigen Experimente zu wiederholen. Wenn nicht, dann mufs ich darauf zurückkommen. Einstweilen warte ich das Ergebnis der neuen Untersuchung ab. Denn die Richtigkeit der von mir ausgeführten Versuche selbst hat niemand bezweifelt. Nur ihre Beweiskraft wurde von Ihnen geleugnet oder in Zweifel gezogen.

Ich gebe mich der Hoffnung hin, dafs nach diesem Briefe die Ungültigkeit des Weberschen Gesetzes für einen Teil der Tonreihe von Ihnen anerkannt oder wenigstens für wahrscheinlich erklärt werden wird, danke Ihnen für die klare und ausführliche Begründung Ihrer Einwände und verbleibe in Verehrung

Ihr ergebenster

PREYER.

Leipzig, 4. Jan. 83.

Hochgeehrter Herr Professor,

Da Sie mir Anlafs geben, auf unseren ersten Streitpunkt zurückzukommen, möchte ich Ihnen dasselbe entgegenhalten, was ich GUTBERLET in meinem Buche entgegenhielt: dafs es über das logisch-mathematische Gebiet hinaus keine zwingenden, wenn schon bessere und schlechtere Gründe giebt. Ich selbst werde meine Gründe für die psychophysische Ansicht so lange für genügend halten, als es keine genügenden Gegengründe giebt; von solchen weifs ich bis jetzt nichts, kann

aber damit Sie und andere nicht zwingen, meine Gründe anzuerkennen, werde also mit Ihnen noch andere zu hören haben, und halte mich selbst für keinen unfehlbaren Papst in der Wissenschaft. Etwas anderes habe ich mit allen Stellen, die Sie von mir citieren, nicht ausdrücken wollen.

Sie vermissen bei mir einen direkten experimentalen Beweis. Als wenn jeder Beweis ein „direkter“ experimentaler sein müſste. Die KEPLERschen Gesetze, das Gravitationsgesetz sind nicht durch einfache Versuche oder Beobachtungen in Ihrem Sinne direkt bewiesen, sondern durch Rechnungen, die sich auf gute Beobachtungen stützen; mein sogenannter aprioristischer Beweis aber hat sozusagen die ganze experimentale Physik hinter sich, sofern diese der von der physiologischen Ansicht geforderten Übertragungsweise der Bewegungen aus dem Äuſseren ins Innere widerspricht. Statt auf einer so breiten experimentalen Basis steht Ihr Beweis auf der Spitze eines feinen Experiments, dem Sie ein Zutrauen schenken, das es auch nach Ihrem ergänzenden Versuche noch keineswegs in Anspruch nehmen kann, ja, der, soviel ich übersehe, eine sehr bedenkliche Seite behält, was ich in der That nur ungern hervorhebe. Denn ich hätte ihm ja selbst die möglichst bindende Kraft gewünscht und meinte, doch mit Unrecht, daſs der ergänzende Versuch ihm solche verleihen könnte.

Mein Bedenken stützt sich zunächst auf folgenden Punkt. Von vornherein hatte ich vorausgesetzt, daſs TARCHANOFF und Sie, zum möglichsten Gelingen des Versuches an beiden offenen Ohren, Schallwerte möglichst nahe unter der Schwelle gewählt hätten. Sie lassen dies nicht nur gelten, sondern sagen jetzt ausdrücklich, daſs diese Bedingung zum Gelingen des Versuches notwendig sei. Aber das ist wider die Abrede. Soll der Versuch für die innere Schwelle beweisend sein, so muſs er auch gelingen, wenn beide Schallwerte nicht nahe unter der vollen Schwelle sind, sondern wenn jeder von beiden die halbe Schwellenhöhe nur um weniges überschreitet. Gelingt er nur unter erster Bedingung, so beweist er zwar nichts gegen, aber auch nichts für die innere Schwelle. Nun mag es schwer sein, was ich als Sache der Praxis nicht zu beurteilen weiſs, beide Bedingungen experimental hinreichend auseinander zu halten; aber gewiſs ist, daſs, so lange Sie erstere Bedingung festhalten, der Beweis für die innere Schwelle nicht erbracht

ist, indem es dann immer möglich, ja wahrscheinlich bleibt, daſs die kleine Ergänzung, welche der Schallwert am einen Ohre noch braucht, um die Schwelle zu übersteigen, bei Zufügung des Versuches am anderen Ohre durch eine kleine, von da herrührende Zuleitung in der Art vermittelt wird, daſs der Erfolg des Versuches auch mit der physiologischen Ansicht verträglich bleibt; denn sie braucht ja dazu bloſs anzunehmen, daſs der Schall an einem Ohre, der schon nahe daran war, das Sensorium zu erreichen, durch die kleine Zuleitung vom anderen Ohre her stark genug wird, sie völlig zu erreichen.

Nun schlug ich selbst zur Beseitigung dieses Einwandes den ergänzenden Versuch vor, den Sie nun angestellt haben. Aber bei näherer Überlegung findet sich, daſs er seinen Zweck doch garnicht erfüllt. Man schlieſst durch denselben allerdings die Möglichkeit aus, daſs unmittelbar vom Receptor am verstopften Ohre durch die Kopfknochen so viel Schall an das andere Ohr gelange, um dem Schall daselbst die zum Erreichen des Sensorium nötige Stärke zu verleihen, wie es im Sinne der physiologischen Ansicht ist. Aber ist das der einzige Weg, der durch die Knochen von einem zum anderen Ohre führt? vielmehr thut sich bei Offenhaltung beider Ohren im TARCHANOFFschen Versuche selbst, wie er ursprünglich angestellt wird, ein nicht minder beachtenswerter Weg auf.

Nehmen Sie eine horizontale Röhre aus fester Substanz, sei es Knochensubstanz, und verschlieſsen Sie dieselbe an beiden Enden durch ein Trommelfell. Schlagen Sie auf einer Seite an das Trommelfell, so wird fraglos der Schall sich nicht bloſs durch das Innere der Röhre, sei sie mit Luft oder sonstwie gefüllt, fortpflanzen, sondern auch durch die Wand des Rohres zum andern Trommelfell, wird dieses in Mitschwingung setzen und dessen Schall verstärken. Nun, diese Einrichtung haben Sie in beiden Ohren, deren beide Trommelfelle durch ein knöchernes Gehäuse zusammenhängen, welches die Röhre vertritt, und keine Frage, daſs von jedem Trommelfelle aus eine Schwingung durch das knöcherne Gehäuse in das es unmittelbar eingefügt ist, sich nach dem andern Ohre zu erstreckt,* von der man nur fragen kann, ob sie nicht nach dem VIERORDTschen Prinzip unterwegs, ehe sie zum andern Ohre gelangt, absorbiert

* Am selben Ohr wird sie sich zur Schnecke fortsetzen und daselbst auf die Fasern des Schneckennerven treffen. [F. 1883]

wird, aber wie ist das zu beweisen? An diesem Beweise schiene mir alles zu hängen, ich weifs aber keinen Weg, ihn zu führen. Wohl zu merken, braucht der Schall, der auf irgendwelchem Wege durch die Kopfknochen von einem Ohre zum andern gelangt, nicht für sich hörbar zu sein, nicht selbst die Schwelle zu übersteigen, wenn er nur reicht, einem wenig unter der Schwelle befindlichen Schall einen zur Übersteigung der Schwelle hinreichenden Zuwachs zu erteilen.

Unstreitig würde bei einer gründlichen Besprechung der Frage auch zu erwägen sein, ob die beiden Hörnerven im Gehirn an einer und derselben Stelle ineinander münden, so dafs sich die Erregungen beider summieren und zur Übersteigung einer inneren Schwelle zusammenwirken können, in welchem Sinne Sie den TARCHANOFFschen Versuch deuten, oder ob ihre Endigungen im Gehirn irgendwie getrennt bleiben, d. i. nur durch das allgemeine Netz, was unstreitig schliefslich alle Ganglienzellen verknüpft, zusammenhängen; wenn ich aber nicht irre, ist anatomisch hierüber nichts bekannt. Indirekt könnte für das erstere zu sprechen scheinen, dafs man mit zwei Ohren denselben Schall nur einmal hört; aber noch mehr scheint für das Zweite der bekannte Versuch zu sprechen, dafs man den Schlag zweier gleichzeitig vor dasselbe Ohr gehaltener Taschenuhren von ungleichem Takt als ein mit der Aufmerksamkeit nicht zu trennendes Gewirr empfindet, während, wenn man von denselben Taschenuhren die eine vor das eine und zugleich die andere vor das andere Ohr hält, man den Schlag und Takt beider durch demgemäfse Richtung der Aufmerksamkeit sondern kann.* Ich lasse die Frage dahingestellt und führe die Thatsache blofs an, um damit einen Grund unsicherer Deutung Ihres Versuches mehr anzuführen.

Jedenfalls liegen in dem vorher Angeführten klare, bestimmte, in den Grenzen bekannter Gesetzlichkeiten sich haltende Einwände gegen die Beweiskraft Ihres Versuches, indes ich solche gegen die Beweiskraft meiner Gründe für die psychophysische Ansicht erst zu erwarten habe. Dafs sich aber unklare, unwahrscheinliche, unbestimmte Einwände ins Unbestimmte dagegen werden erheben lassen, bestreite ich nicht, und halte bis jetzt noch die MÜLLERschen dafür.

---

* S. Beilage. S. 167.

Was unsern zweiten Streitpunkt anlangt, so lasse ich meine Opposition, insoweit von einer solchen die Rede ist, gern fallen, da ich wohl einsehe, dafs man ohne eigene Erfahrung in diesem Felde nicht urteilsfähig ist. Sie bestehen darauf, dafs die Gröfse des eben merklichen Unterschiedes $\triangle$, wie Sie solche schon früher für verschiedene Höhen in der Tonskala angegeben haben, wesentlich auch bei schwachen Stimmgabeltönen ohne merkbare Obertöne bestehe; und wenn das der Fall ist, so fällt damit der wesentlichste Gesichtspunkt meiner Opposition und bleibt mir blofs noch der Zweifel, einmal, ob das Dasein von Obertönen nicht überhaupt in verschiedener Höhe der Tonskala mit verschiedener Leichtigkeit erkannt wird und selbst bei undeutlicher Erkenntnis nicht noch zur Erkenntniss des Höhenunterschiedes hilfreich mitwirkt, zweitens, ob die Stärke (Amplitude) der Töne nicht bei der Leichtigkeit, Tonhöhen zu unterscheiden, mit in Rücksicht kommt; endlich, ob bei solcher Komplikation die Frage des WEBERschen Gesetzes in Bezug auf Tonhöhen überhaupt experimental mit einiger Sicherheit ins Reine zu bringen ist. Aber halten Sie das immerhin für subjektive Zweifel.

Mit besten Wünschen für das kommende Jahr und vorzüglicher Hochachtung

der Ihrige

FECHNER.

Beilage.

Man hört auch bekanntlich die Stöfse von der Interferenz der Schläge, wenn beide Uhren vor dasselbe Ohr gehalten werden, nicht aber, wenn sie getrennt vor die beiden Ohren gehalten werden. Nun könnte man das gegen eine merkliche Leitung von einem Ohr zum anderen durch die Kopfknochen geltend machen, da bei Vorhandensein einer solchen Leitung der Schlag an jedem Ohr mit dem vom andern Ohre her durch die Kopfknochen zugeleiteten interferieren müfste. Aber das zeigt sich auch wirklich, wenn man nur den Versuch mit stärkeren Tönen als dem Ticken zweier Taschenuhren anstellt, nämlich zwei an einander geschlagene Stimmgabeln mit den Stielen in die Ohren steckt, was sehr starke Töne giebt. Die Stöfse oder

Anschwellungen des Tones werden dann deutlich genug, nur dafs sie verhältnismäfsig schwächer erscheinen, als wenn man beide Gabeln vor dasselbe Ohr hält. Ich habe das Bekannte hierüber und über verwandte Versuche anhangsweise in meiner Abhandlung „Über einige Verhältnisse des binokularen Sehens"* zusammengestellt und selbst etwas dazu experimentiert. Träfen beide Hörnerven im selben Punkte zusammen, und summierten sich ihre Erregungen daselbst, wie Ihre Deutung des TARCHANOFFschen Versuches voraussetzt, so müfsten meines Erachtens die Versuche mit zwei Schallquellen von zwei Ohren dasselbe Resultat geben, als dieselben Schallquellen von einem Ohre. Oder wie diesen Einwurf beseitigen?

[Hiermit schliefst der Briefwechsel zwischen FECHNER und mir ab. Es knüpfte sich aber an denselben eine Korrespondenz zwischen FECHNER und KARL VON VIERORDT, dem Professor der Physiologie an der Universität Tübingen. Ich verdanke Herrn Professor Dr. H. VIERORDT, dem Sohne, die betreffenden Originalbriefe FECHNERS, in dessen Nachlafs sich übrigens aufser einigen zum Teil kaum zu entziffernden Entwürfen und den wenigen VIERORDTschen Briefen nichts zur Sache Gehöriges vorgefunden hat. Dasselbe scheint von VIERORDTS Nachlafs zu gelten. So wird denn die Streitfrage über die Existenz der inneren Schwelle nur mit neuem Material zu schlichten sein. P. 1890.]

* 5. Bd. der *Abhandlg. der math.-physik. Klasse der sächs. Soc.* S. 536 ff. [F. 1883]

Aus einem Briefwechsel zwischen Fechner und Vierordt.

Hochgeehrter Herr Professor,

Für die gütige Überschickung des neuesten psychophysischen Opus sage ich Ihnen meinen allerbesten Dank. Ich habe bis *dato* selbstverständlich nur einen flüchtigen Einblick in den reichen Inhalt gewinnen können; die Ruhe der zweiwöchentlichen Weihnachtsvakanz wird mir das Studium des geistesfrischen Buches erst gestatten. Sie haben unter Ihren „philosophischen“ Gegnern leider eine ganze Anzahl Leute, die — wie es ja die Philosophen thun, die sich wundern müssen über das, was andere nicht erheblich finden, und dann folgerichtig das negligieren, was die Hochverständigen als Hauptsachen ansehen — schwer zu überzeugen sein werden. Ich komme immer mehr zur Überzeugung, daſs der Hauptpunkt aller Diskussionen die experimentelle Unterlage ist und daſs theoretische Diskussionen über Fragen, die sich zum Teil experimentell noch garnicht erledigen lassen, wenig Bedeutung haben. Herr Müller hat ja niemals ein psycho-physisches Experiment angestellt!!

Meinen Brief kurz vor Eintreffen Ihres Buches werden Sie erhalten haben. Es ist *pure* nicht wahr, daſs der Exponent ε der Fallhöhe stark variiert, wie Herr Wundt meint. Sie sagen in der „*Revision*“, die Feststellung der ε bei den vielen Gehilfen Wundts sei ein Vorteil seiner Methode; da muſs ich Ihnen widersprechen. Das ε kann nur in zahlreichen Versuchen schlieſslich festgestellt werden. Versuchsreihen von je bloſs ein bis zwei Stunden führen zu garnichts Verläſslichem; und können Sie glauben, daſs dem einen das $\varepsilon = 1$ sein kann, während es beim andern, NB! an derselben Schallquelle, erheblich schwanken könne, je nach der Höhe, durch die die Fallkugel fällt? Das ist *pure* nicht möglich.

Ich werde bei WIEDEMANN demnächst einige Versuchsreihen publizieren, die zeigen, dafs bei demselben Gewichtspaar ε so gut wie garnicht schwankt, wenn die absoluten Werte der entsprechenden Fallhöhe auch erheblich variieren.

Ich wiederhole nochmals: ε-Bestimmungen, die zwischen 0,6 bis über 1,25 schwanken, kritisieren sich von selbst. Über 1 sind die Werte unmöglich, und das ist $^1/_3$ der ganzen Schwankungsbreite der ε bei den WUNDTschen Experimentatoren.

Ich werde da und dort an den ε etwas nachträglich abzuändern haben, aber im grofsen und ganzen alteriert das das Wesentliche meiner Funde nicht. —

Der Physiker ZECH hat neulich in Stuttgart im dortigen naturw. Verein einen Vortrag gehalten über meine Behauptung, dafs die Schallstärken beim Fortpflanzen des Schalles in der Luft nicht abnehmen im quadratischen Verhältnis der Entfernungen, sondern sehr viel langsamer.

Schon *a priori* — so meint er — müsse man schliefsen, dafs das Schwächungsgesetz des Lichtes hier nicht gelten könne: wir hören ja recht gut um die Ecke, sehen aber nicht um die Ecke. Ich glaube, das ist ein *Argumentum ad hominem.*

Er geht nun weiter, indem er überlegt, dafs die Schallwellen im Durchschnitt millionenmal länger sind, als die Lichtwellen. FRESNEL konnte ja im Sinn der Wellentheorie den Beweis, dafs das Licht sich blofs geradlinig fortpflanzt, nur auf die Überlegung stützen, dafs die Schwingungen, die vom Punkt A nach allen Seiten ausgehen, nur auf dem Weg über C nach B wirksam werden können. Sind die Wellenlängen sehr klein im Vergleich zum Abstand B, so schneiden die an B ausgezogenen Kreise mit den Halbmessern

$$BC + \frac{1}{2}\text{ Wellenlänge,}$$
$$BC + 1\text{ Wellenlänge,}$$
$$BC + 1\frac{1}{2}\text{ Wellenlänge u. s. w.}$$

Zonen aus der Kugel $m\,m\,m$ aus, von denen für kleine Werte der Wellenlänge immer eine die folgende in ihrer Einwirkung auf B aufhebt. Wir können also sagen, nur das Licht, das von A über C nach B geht, kommt bei der Fortpflanzung in Frage, nicht aber das übrige, das auf Umwegen (über $a - b$ u. s. w.) nach C geht.

Bei den verhältnismäfsig enormen Längen der akustischen Wellen kann die Interferenz nicht so vollkommen sein, d. h. wir hören nicht blofs von A über C nach B gelegte Verdichtungen und Verdünnungen, sondern noch eine hübsche Anzahl auf anderen Wegen ankommende, die sich nicht gegenseitig aufheben. Also: wenn wir nicht blofs geradlinig, sondern auch ums Eck hören, so mufs nach ZECH die Schallstärke gröfser sein, als bei der blofs geradlinigen Fortpflanzung, worauf ja der Satz von der Abnahme mit dem Quadrat der Entfernung sich allein gründet.

Mich hat dieser Gedankengang des originellen Stuttgarter Physikers natürlich sehr erfreut; soviel ich — der freilich *in theoreticis* kein Votum hat — begreife, ist das ein sicherer Beweis, dafs das herkömmliche Gesetz von der Schwächung der Schallwellen nicht richtig sein kann.

Ich werde unterdessen auf meinem Weg weiter arbeiten* und mich durch kurz abgemachte Versuche, die — wie ich Ihnen noch speciell im letzten Briefe dargelegt habe — eher das Gegenteil von dem beweisen, was man beweisen wollte, nicht irre machen lassen.

Mit besten Wünschen für Ihre Gesundheit

Ihr gehorsamster

C. VIERORDT.

Tübingen, 13. Dezbr. 1882.

---

* Vgl. KARL VIERORDT: *„Das Gesetz der Schwächung des Schalles bei seiner Fortpflanzung in der freien Luft“* (Zeitschrift für Biologie, 18. B. S. 383—396), und dessen *„Psychophysische Bemerkungen“* (Ebenda S. 397—405), sowie für das Folgende seine Abhandlungen über *„Die Messung der Schwächung des Schalles bei dessen Durchgang durch Teile des lebenden Menschen“* (Ebenda 19. B. S. 101—113) und die *„Messung der Schallschwächung im Telephon“* (Annalen der Physik und Chemie N. F. 19. B. S. 207—213. 1883). In der letzteren ist am Schlusse „neunhundert“ statt „neunzig“ zu lesen. [P. 1890]

Die Figur zum Referat über ZECHS Vortrag (S. 170) im VIERORDTschen Briefe wird der Leser sich leicht selbst entwerfen können, daher sie hier fortbleibt. Die Originalskizze gestattet keine Reproduktion. [P. 1890]

Hochverehrter Herr Professor,

Ich mufs mir den ernstlichen Vorwurf machen, dafs ich während der Ausarbeitung Ihrer „*Revision*“ an ein ganz wichtiges Beweismittel für Ihre Auffassung des psychophysischen Prozesses nicht gedacht habe. Dasselbe ist um so wertvoller, weil es in der That bis jetzt die einzige unzweideutige experimentelle Antwort in der vorliegenden Streitfrage bietet.

Sie werden mit diesem Brief unter Kreuzband von mir eine Arbeit des Upsalaer Physiologen Holmgren erhalten (aus Jahrgang 1880 der *Unters. aus dem Heidelberger physiol. Institut.* Heidelberg bei Winter), die *in extenso* von den elektrischen Retinaströmen handelt. Holmgren hat sicherlich recht, wenn er sagt „die Stromschwankung spiegelt also gleichsam den Erregungsvorgang im Organ ab und stellt das bis jetzt nicht aufgewiesene funktionelle Zwischenglied zwischen den Lichtbildern und der Lichtempfindung im Hirn dar,“ und (für Sie die Hauptsache) pag. 308 unten „dafs die Stromschwankung proportional zu sein scheint den Differenzen der Lichtstärke“.

Die Holmgrensche Untersuchung ist jedenfalls mit viel besseren Hilfsmitteln durchgeführt, als die des Edinburgher M'Kendrick (die ich Ihnen auch schicken wollte, aber vorerst nicht finde). Herr Holmgren hat keine Ahnung von den diesfallsigen Debatten in der Psychophysik; sonst hätte er Ihnen doch seine Arbeit überschickt. Den Namen Fechner nennt er garnicht. Um so unparteiischer ist er also in der Sache.

Wenn man physiologischerseits mit hier allein unter diesen Umständen möglichen teleologischen Raisonnements — dem fadenscheinigsten Apparat freilich, der sich denken läfst — vorgehen wollte, so möchte man auf den ersten Anblick nicht geneigt sein, eine Proportionalität zwischen Sinnesreiz und Nervenerregung anzunehmen. Man sollte doch glauben, die weise Natur müsse die Nervensubstanz schonen und dieselbe nicht innerhalb der ganzen Breite zwischen dem schwächsten Licht z. B. und dem noch von uns auszuhaltenden stärksten in proportionale Mitleidenschaft setzen. Dieses Bedenken schwindet aber, wenn wir, was sicherlich richtig ist, annehmen, dafs eben die Vorgänge im Nerven enorm abgeschwächt sind im Verhältnis zu den Reizen, wenn sie ihnen auch proportional folgen. Und für diese Abschwächung sind jene mikroskopischen Aufnahms-

organe vorhanden, an der Peripherie der Sinnesnerven, welche die Natur des objektiven Sinnesreizes umsetzen in etwas ganz anderes, eben in den „Nervenprozeſs,“ von dem die Stromschwankungen proportionale Abbildungen geben.

Auf diese Weise, eben durch die mikroskopischen Aufnahmsorgane (Stäbchen und Zapfen der Retina — Cortische u. s. w. Organe in der Schnecke — Tastkörperchen und sensitive Endplatten für die Hautnerven — Schmeckbecher auf der Zunge u. s. w.) wird der sensuelle Nerv vor der brüsken Wirkung des Reizes geschützt; ja sogar ist der Sinnesreiz bekanntlich garnicht im stande, die eigentliche Nervenfaser erregen zu können. Da, wo das Licht die Fasern des Sehnerven (sog. Mariottescher Fleck: Eintrittstelle der Fasern des Sehnerven in die Retina) trifft, ist Unerregbarkeit der Nervensubstanz für den objektiven Reiz (Licht) vorhanden. Wenn ein Sinnesnerv durch Druck, elektrischen Strom, Wärme, Kälte, also ganz allgemeine Reize u. s. w. gereizt wird, so entsteht nie eine normale Empfindung, sondern ein wüster Schmerz.

Ich glaube, Sie haben vollständig recht mit Ihrer Auffassung, die aufs neue darthut, welche beneidenswerte Divinationsgabe Sie haben, in dubiösesten Fragen das Richtige zu treffen.

Vergeblich fahnde ich nach anderen unzweideutigen physiologischen Erfahrungen im Gebiete der Sinnesphysiologie, die für die vorliegende Streitfrage könnten zur Entscheidung angerufen werden. Daſs die Muskelkontraktion nicht proportionel der Reizstärke sein kann, beweist die Erfahrung, daſs momentane elektrische Schläge, wenn sie einen gewissen Intensitätsgrad überschreiten, keine Vergröſserung der Kontraktion des Muskels hervorbringen können, mit anderen Worten: die dem Muskel mögliche gröſste Kontraktion kann nicht durch einen einzigen Schlag (und sei er noch so stark) hergestellt werden, sondern es sind dazu noch mehrere starke Schläge (die zudem nicht allzuschnell aufeinander folgen dürfen) nöthig. Doch das ist — wie Sie richtig erkennen — für vorliegenden Streit irrelevant.

Was soll ich über Ihr neuestes Opus sagen! Ich kann nur den frischen Geist bewundern, der zu solchen Leistungen im 82. Lebensjahr befähigt ist. Betrachten Sie das nicht als ein schales Kompliment; es ist der Ausdruck meiner tiefinnersten

Überzeugung und Verehrung. Daſs Sie sich mit Leuten herumschlagen müssen, die rein im Formalen leben und gar keine Ahnung vom Experiment haben, kann einem nur wehe thun. Sie haben sie aber abgewiesen. Köstlich war der Artikel in der *Allgemeinen Zeitung!**

Ich arbeite fleiſsig in der Akustik weiter. Der Exponent ε verhält sich — wie ich Ihnen schon schrieb — ganz anders als Herr Wundt will.

Mit herzlichsten Glückwünschen zum 83. Jahrgang.

Ihr hochachtungsvoll ergebener

C. Vierordt.

Tübingen, 2. Jan. 83.

NB. Holmgrens Arbeit behalten Sie für immer.

Leipzig, 14. Jan. 83.

Hochgeehrter Herr Professor,

Meinen besten Dank für Ihr letztes freundliches Schreiben, dem ich die aufrichtige Erwiederung Ihrer Wünsche für das neue Jahr hinzufüge.

Gewiſs wird die von Ihnen zu gewärtigende Auseinandersetzung mit Wundt zu dem, was sich schon theoretischerseits an seinen Institutsversuchen aussetzen lieſs, noch Wesentliches von experimentaler Seite fügen; aber das kann ich eben nur Ihnen überlassen; und es hat mir bloſs leid gethan, mich doch vorher auf eine Besprechung der Kontroverse haben einlassen zu müssen. Selbstverständlich werden Sie darin korrigieren, was Sie dazu angethan finden.

Die Betrachtung von Zech, welche so gut in Ihre Untersuchungen hineintritt, hat mich sehr interessiert und scheint mir sehr einleuchtend. Seine Theorie aber hat doch Ihrem Experiment erst nachhinken müssen; Sie waren eben auch hier der Erfinder.

Dankbar bin ich Ihnen, mich auf die Untersuchung von Holmgren aufmerksam gemacht und mir seine Abhandlung

* Abgedruckt am Schlusse dieses Buches S. 204 (vgl. S. 161). [P. 1890]

überlassen zu haben; ich wollte nur, daſs ich das Ergebnis seiner Versuche so einfach in dem Sinne acceptieren könnte, in dem Sie es zu Gunsten der von mir vertretenen psychophysischen Ansicht geltend machen, aber ich glaube nicht, daſs das angeht. Allerdings fordert die psychophysische Ansicht, daſs die psychophysische Erregung dem Reize proportional geht, indes sie nach der physiologischen Ansicht in logarithmischer Abhängigkeit davon stehen soll, und nach Holmgrens sehr vorsichtig gehaltener Äuſserung „scheint die Exkursion des Magnets innerhalb gewisser Grenzen proportional zu sein den Differenzen der Lichtstärke“. Aber die Stromschwankung ist doch nur ein sekundäres Phänomen, was eintritt, wenn die psychophysische Erregung sich im einen oder anderen Sinne ändert, und es bleibt noch fraglich, in welchem Verhältnis sie zur psychophysischen Erregung steht; denn daſs sie proportional den Änderungen des äuſseren Reizes ist, beweist noch nicht, daſs sie auch proportional den Änderungen der inneren Erregung ist, da ja die Hauptfrage selbst darum geht, ob äuſserer Reiz und psychophysische Erregung einander proportional gehen. Auſserdem läſst die Angabe Holmgrens in Zweifel, ob die einfache Proportionalität der Stromschwankung mit der Änderung des äuſseren Reizes auch bei verschiedenen absoluten Stärken des Reizes gültig bleibt, und nicht vielmehr eine Proportionalität mit der relativen Änderung das Richtige ist.

Fraglich, ob sich überhaupt ein einfacher experimentaler Beweis für die psychophysische Ansicht finden lassen wird. Mir selbst ist bis auf weiteres der Beweis, den ich als aprioristischen in gewissem Sinne in meinem Buche (S. 225 f.) geltend machte, der überzeugendste. Auch scheint mir der Vergleich mit dem überhörten Worte (S. 243 f.) Gewicht zu haben. Aber ich gebe zu, daſs man direktere Beweise wünschen kann, und da die Frage eine für Übersetzung der äuſseren Psychophysik in die innere fundamentale ist, wirklich zu wünschen hat.

Professor Preyer machte mich aufmerksam auf ein „*Experimentum crucis*“, was er durch Verwertung eines Tarchanoffschen Versuches für eine innere Schwelle und hiemit für die psychophysische Ansicht gefunden zu haben glaubt; und vielleicht interessiert auch Sie dieser Versuch als in das Schallgebiet gehörig, da er jedenfalls für den ersten Anblick sehr schlagend

scheint. Seine briefliche Angabe darüber, begleitet vom Separatabdruck eines Vortrages, den er in der Sitzung einer Jenaschen gelehrten Gesellschaft darüber gehalten, lautet wörtlich so:

Das „*Experimentum crucis*“ ist dieses: Wird ein intermittierender Strom durch ein Telephonpaar, welches durch einen Draht verbunden ist, geleitet und nach Anlegen eines Telephons *l* an ein Ohr *l'* so abgeschwächt, dafs der Ton eben garnicht mehr gehört wird, und mit dem anderen Telephon *r* und anderen Ohr *r'* ebenso verfahren, so hört man sehr deutlich den Ton (mitten im Kopf) beim Anlegen beider Telephone an beide Ohren zugleich.

Dieser Versuch wurde von mir und von Tarchanoff angestellt, von Tarchanoff zuerst publiziert, so dafs ich ihn in dieser Form, die für den vorliegenden Zweck genügt, lediglich bestätigt habe.

Der Sinn des Versuches ist dieser: Nach der physiologischen Ansicht wird der Schall beim einseitigen Versuche *l* nicht gehört, weil er nach Ihrem Prinzip zu schwach ist, um zum Sensorium zu dringen, da er vielmehr schon vorher absorbiert ist; beim einseitigen Versuche *r* ebenso; also könnte er nach dieser Ansicht auch beim zweiseitigen Versuche nicht gehört werden, weil er weder von der einen noch andern Seite her bis zum Sensorium dringt. Wird er nun aber doch beim zweiseitigen Versuche gehört, so beweist dies, dafs er auch beim einseitigen zum Sensorium gedrungen ist, und nur die innere Schwelle nicht erreichte, die er aber erreicht und übersteigt, wenn er sich mit dem von der andern Seite herkommenden summiert. Dazu mufs doch aber eine innere Schwelle existieren.

Das klingt ganz schön. Aber setzen wir, der Schall dringe bei einseitigem Versuche *l* nicht ganz, aber doch nahe bis zum Sensorium und werde deshalb noch nicht gehört, so wird bei Anlegen des Telephons an das andere Ohr *r* von da durch die Kopfknochen so viel Schall zum Trommelfell *l* gelangen* und dessen Schall so weit verstärken können, um ihn vollends bis zum Sensorium gelangen zu lassen, und so umgekehrt von *l* zu *r*. Auch kommt hierbei nicht blofs die Zuleitung in Betracht, welche durch äufseres Anlegen des Telephons an den Kopf durch die Knochen nach der andern Seite hin vermittelt wird, sondern auch die, welche zum Trommelfell jedes Ohrs vermöge seiner Einfügung in den Schädel nach der anderen Seite hingeht.**

* [„Nein“ Vierordt 1883].
** [„Nein“ Vierordt 1883].

Durch diese Betrachtung schwindet nicht nur die Beweiskraft des Versuches für die psychophysische Ansicht gänzlich, sondern er erscheint sogar für den ersten Anblick bedenklich für dieselbe. Denn nach ihr sollte der Schall bei dem zweiseitigen Versuche gehört werden, auch wenn er an jedem Ohr für sich die halbe Schwelle nur um Weniges überschreitet, indem er sich im Zusammentreffen von beiden Seiten her zu einem Schalle über der Schwelle summiert, wogegen zum Gelingen des Versuches verlangt wird, dafs er an jedem Ohr für sich nur wenig unter der vollen Schwelle bleibt. Aber hiergegen kommt nun wieder in Betracht, dafs der Schall, von beiden Ohren her ins Innere dringend, sich faktisch nicht in derselben Weise summieren kann, als wenn seine Komponenten durch dasselbe Ohr eindringen. Für den ersten Anblick zwar scheint hierfür zu sprechen, dafs wir einen Schall mit beiden Ohren zugleich doch nur einfach hören; aber entschieden spricht folgendes dagegen: wenn man zwei Taschenuhren von etwas verschiedenem Takte vor dasselbe Ohr hält, so hat man die, vom periodischen Zusammenfallen ihrer Schläge abhängigen Stöfse, nicht aber, wenn man die eine vor das eine, die andere vor das andere Ohr hält; auch kann man letzterenfalls bald den Takt der einen, bald der anderen durch demgemäfse Richtung der Aufmerksamkeit besonders auffassen, indes sie vor demselben Ohr ein durch Aufmerksamkeit nicht scheidbares Tongewirr geben. Ich denke mir also, dafs die beiden Acusticusnerven im Gehirn zwar besonders endigen, aber doch eine schwache Verbindung haben, welche die Einigung ihres Schalles zu einem gemeinsamen Eindruck für die Empfindung vermittelt, ohne aber eine volle Summierung der Stärke nach zu gestatten, gebe aber das hypothetische dieser Vorstellungsweise zu.

Dafs Sie meinen Aufsatz in der *Allgemeinen Zeitung* beifällig aufgenommen haben, hat mich sehr erfreut. Leider steckt er voll Druckfehler.*

Mit freundlichem Grufse und vorzüglicher Hochachtung

der Ihrige

Fechner.

---

* In dem unten folgenden Abdruck (S. 204) korrigiert. [P. 1890]

Sehr geehrter Herr Professor,

Die Einwürfe, die Sie sich selbst machen, sind — wie ich Ihnen in Folgendem nachweisen werde — durchaus unstichhaltig, und betrachte ich das betr. „*Experimentum crucis*" als vollkommen beweiskräftig.

Ein Schall, so schwach, daſs er nahezu (aber ganz sicher) unter der Schwelle steht, wird von keinem der beiden Organe allein gehört, wohl aber „sehr deutlich," wenn der Schall beiden Organen geboten wird. Daraus schlieſsen Sie* zunächst, daſs der Schall (wir wollen doch lieber sagen: die psychophysische Bewegung) jederseits das Centralorgan (Sensorium) erreicht, aber für eine Seite allein unter der Schwelle liegt und letztere erst überschreitet, wenn beide Seiten in Thätigkeit kommen. *Ergo:* es gibt eine innere Schwelle.

Sie neigen nun zur Ansicht, daſs der Schall links durch die „Kopfknochen" auch das rechte Ohr erreichen könne und umgekehrt u. s. w. Auf Ihre specielle Durchführung brauche ich nicht einzugehen, sie fällt aber mit der Überlegung, daſs wir es von Haus aus mit extrem schwachen Schallen zu thun haben, so schwach, daſs dieselben unmöglich noch das andere Ohr erreichen können.

Für die Richtigkeit meiner Behauptung habe ich experimentelle Beweise. Ich lasse eine Zinntafel durch ein Bleigewichtchen erschüttern und die Fallhöhe so abrunden, daſs die Schwelle erreicht wird; dabei setze ich einen Holzstab (Eichenholzcylinder) auf das Zinn und höre am andern Konduktorende. Die dazu nötige Schallstärke sei S. — Nun drücke ich verschiedene andere Kopfstellen an den Konduktor und finde, daſs viel stärkere Schalle nötig sind, um von der Ansatzstelle den Schall in das Labyrinth dieser Körperseite zu leiten. Diese Intensitäten, die jetzt die Schwelle hervorbringen, seien mit S_1 und S_2 u. s. w. je nach den Lokalitäten bezeichnet.

Setze ich den Konduktor auf den *Processus zygomaticus ossis temporum* (also gerade vor das Ohr), so ist S_1 schon 1/3 mal stärker als S; beim *Os zygomaticum* (Jochbein) ist S_2 sechsmal stärker; bei den Schneidezähnen des Oberkiefers wiederum *circa* sechsmal stärker. Dabei sind die Schallschwächungen (constant)

* Nicht FECHNER, sondern PREYER. [P. 1890]

durch den Konduktor mitgerechnet, die noch abzuziehen wären, so daſs der Unterschied noch erheblich gröſser wird.

Ich muſs also sicher schlieſsen, daſs die extrem schwachen Schalle auf den von Ihnen vermuteten Wegen das andere Ohr absolut nicht erreichen können.

Der Tarchanoffsche Versuch wird wohl auch gelingen, wenn wir die Telephone nur in allernächste Nähe zum Ohr bringen, sie aber nicht andrücken. Da fällt jede etwaige Kopfknochenleitung total weg. Denn eine Uhr, die auf 14 Meter noch gehört wird, muſs auf 2½ Centimeter dem Ohr genähert werden, um eben noch merklich zu sein, wenn die zwei äuſseren Gehörgänge verstopft sind.

Ich werde Ihnen später genauere Zahlen mitteilen. Über die Schallschwächung im Telephon habe ich an Wiedemann neulich eine Arbeit abgeschickt, woraus hervorgeht, daſs der auf Telephon *a* wirkende Schall doch nicht allzusehr stärker sein muſs, wenn wir an das Telephon *b* das Ohr nicht anlegen, als wenn wir es anlegen. In meinem Fall (specielle Telephonbedingungen) 5167 gegen 3650, um eine Schwellenempfindung zu haben.

Der Tarchanoffsche Versuch am Ohr läſst sich jedenfalls vielfach abändern; das Prinzip überhaupt wohl auch auf andere Sinnesgebiete übertragen.

Ich finde vielleicht bald Zeit, Versuche der Art anzustellen. Doch brauche ich Sammlung dazu; dieser Brief ist geschrieben einen Tag vor dem Begräbnis meines ältesten Sohnes (er war Apotheker und † 33 Jahre alt, mit Hinterlassung einer Wittwe und eines Kindes).

Ich finde Erholung, wenn ich durch wissenschaftliche Arbeit mich von meinem Schmerz kann abziehen lassen.

In Hochachtung

Ihr

17. Jan. 83.

C. Vierordt.

Leipzig, 20. Jan. 83.

Hochgeehrter Herr Professor,

Zuvörderst den Ausdruck meines herzlichen Beileids für den so schweren Verlust, von dem Sie mir Kunde gaben. Und möge Ihnen die wissenschaftliche Thätigkeit wirklich einige Erleichterung durch zeitweises Abziehen der Aufmerksamkeit von demselben gewähren. Da ich selbst kinderlos bin, habe ich freilich den Schmerz eines solchen Verlustes nicht erfahren können, aber auch die Freude zuvor nicht gehabt. Möchten Sie das Ihrerseits mit in Rechnung bringen.

Ihrer Ablehnung des Einwurfes, den ich mir selbst gegen das „*Experimentum crucis*“ für die psychophysische Ansicht gemacht, wünschte ich, mich fügen zu können; aber so weit, als er durch Ihre an sich ganz triftigen Bemerkungen und Versuche erledigt wird, war er freilich schon erledigt, ohne dafs mir dies noch zu genügen scheint.

Bei Geltendmachung des Einwurfs wegen der Kopfknochenleitung gegen Preyer fügte ich nämlich hinzu: meines Erachtens lasse sich der Einwurf so beseitigen, dafs man Nebenversuche mit den Rezeptoren des Telephons an beiden Ohren zugleich anstellt, von denen aber nur das eine *A* offen, das andere *B* so gut verstopft ist, dafs kein Schall direkt eindringt, wohl aber vom anderen Ohre durch die Kopfknochen eine Verstärkung des Schalles zu ihm gelangen kann, wenn derselbe nicht unterwegs erschöpft wird. Denselben Versuch stelle man auch umgekehrt an, indem man *B* offen läfst und *A* verstopft. Beidesfalls aber bringe man den Schall etwas unter die Schwelle herab, so dafs er nicht gehört wird. Wenn nun bei Anstellung des Tarchanoffschen Versuchs mit beiden offenen Ohren unter Anwendung derselben schwachen Schalle eine Schallempfindung entsteht, so ist — sagte ich — der Einwurf erledigt, indem sich zeigt, dafs der Schall (resp. die psychophysische Schallerregung) auch bei den einseitigen Versuchen zum Sensorium gelangt sein mufs und nur nicht hinreichend war, eine innere Schwelle zu übersteigen, was er durch Zutritt des Schalls von der andern Seite her vermag.

Preyer ging auf den Vorschlag ein und schrieb mir nach einiger Zeit (27. Dezbr.), dafs er den Nebenversuch in dieser Weise mit befriedigendem Erfolge angestellt habe, nämlich wörtlich so:

Es ergab sich, dafs allerdings, wie Sie vermuteten, der Schall nur sehr wenig unter die Schwelle sinken darf im rechten und linken Gehörnerven, wenn er beide zugleich erregend gehört werden soll. Der Schall darf nur eben so schwach sein, dafs man nichts hört, d. h. nicht mehr unterscheidet, ob der induzierende Strom ganz unterbrochen wird oder nach wie vor da ist. Zweitens stellt sich heraus, dafs meine Erinnerung richtig war: Viel stärkere Schallreize, als die in Frage kommenden, werden durch Kopfleitung garnicht perzipiert. Das leiseste Summen der Telephonplatte wird nicht deutlicher, das eben unhörbare nicht hörbar, wenn durch den Kopf von der anderen Seite oder derselben her dasselbe Summen oder ein lauteres zugeführt wird durch ein zweites Instrument. Endlich ist, wie hiernach nicht bezweifelt werden konnte, nach Verschliefsung eines Ohres und Zuführung identischer eben unterschwelliger Schallreize beiderseits, garnichts zu hören; nach Öffnung beider Ohren hört man aber bei denselben Schallreizen in dem Inneern des Kopfes (in der Medianebene) den Schall.

Nun aber gestehe ich, es nach diesen Angaben sehr bedenklich zu finden, dafs der TARCHANOFFsche Versuch mit beiden offenen Ohren wirklich nur gelingt, wenn der Schall an beiden Ohren ganz nahe unter der Schwelle ist, da er, wie ich mir erlaubte, schon im vorigen Briefe zu bemerken, zur Sicherstellung des Beweises für die innere Schwelle auch gelingen müfste, wenn er jederseits die halbe Schwelle nur ein wenig übersteigt, und so lange dieser Einwurf nicht erledigt ist, mufs der Beweis noch unzulänglich erscheinen.

Dazu fiel mir ein, dafs aufser der Leitung des Schalles durch die Kopfknochen, den das von aufsen an das Ohr gelegte Telephon hervorbringt, eine andere, vielleicht wichtigere Leitung durch die Kopfknochen zu berücksichtigen ist, welche vom Trommelfell aus stattfindet, und deren ich zwar auch schon in meinem vorigen Schreiben gedachte, von der ich aber voraussetzen mufs, dafs Sie dieselbe für vernachlässigbar halten, da Sie dieselbe nicht besonders berücksichtigen, ohne dafs ich doch einen bestimmten Grund davon sehe.

Ich selbst schrieb hierüber an PREYER (7. oder 8. Jan.):

Nehmen Sie eine horizontale Röhre aus fester Substanz, sei es Knochensubstanz, und verschliefsen Sie dieselbe an beiden Enden durch ein Trommelfell. Schlagen Sie auf einer Seite an das Trommelfell, so wird fraglos der Schall sich nicht blofs durch das Innere der Röhre, sei sie mit Luft oder sonstwie gefüllt, fortpflanzen, sondern auch durch die Wand des Rohres zum andern Trommfelle, wird dieses in Mitschwingung setzen und dessen Schall verstärken. Nun, diese Einrichtung haben Sie in beiden Ohren, deren beide Trommelfelle durch ein knöchernes Gehäuse

zusammenhängen, welches die Röhre vertritt, und keine Frage, dafs von jedem Trommelfelle aus eine Schwingung durch das knöcherne Gehäuse, in das es unmittelbar eingefügt ist, sich nach dem andern Ohre zu erstreckt,* von dem man nur fragen kann, ob sie nicht nach dem Vierordtschen Prinzip unterwegs, ehe sie zum andern Ohre gelangt, absorbiert wird: aber wie ist das zu beweisen?

Hierauf hat Preyer bis jetzt noch nichts erwidert.**

Nun halten Sie es vielleicht für selbstverständlich, dafs ein Schall sich durch Vermittelung einer schwingenden Membran nicht so wirksam an die Kopfknochen mitteilen kann, als wenn er unmittelbar darauf wirkt, und dafs, wenn ein Einwand von letzter Seite her beseitigt ist, er von erster Seite her um so weniger Geltung beanspruchen kann; aber da das Trommelfell in das Knochengerüst ringsum fest eingefügt ist, und von dem sekundären Trommelfell an der *fenestra ovalis* eine zweite Überleitung davon stattfindet, erscheint diese Uebertragung besonders begünstigt, und könnte es wohl sein, dafs sich diese inneren Wege der Knochenleitung mit den von aufsen angebahnten zu einem Resultate ergänzen, wozu keiner für sich allein hinreicht.

Dafs der Schall sehr viel schwächer empfunden wird, wenn man die Schallquelle hier oder da an die Kopfknochen anbringt, als wenn sie direkt durch den Gehörgang auf das Trommelfell wirkt, steht dem nicht entgegen. Überhaupt braucht ja nur sehr wenig durch die Kopfknochen von einem Ohre zum anderen zu gelangen, um einen, der Schwelle schon nahen Schall in diesem Ohre über dieselbe zu heben, d. h. nach

---

* Am selben Ohre wird sie sich zur Schnecke fortsetzen und daselbst auf die Fasern des Schneckennerven treffen. [F. 1883]

** Weil ich damals keinen entscheidenden Versuch hatte. Inzwischen habe ich aber viel mehr über die Wahrnehmung und Lokalisation schwacher monotischer und diotischer Schalleindrücke experimentiert und Differenztöne sehr geeignet gefunden zum Beweise der Miterregung des einen Trommelfells durch die Schwingungen des anderen vermittelst der Knochenleitung. Ich habe nachgewiesen, dafs die Differenztöne ohne Trommelfell oder bei grofsen Defekten desselben nicht entstehen (*Annal. d. Physik u. Chemie,* 1889. N. F. 38. B. S. 132) und durch das künstliche Trommelfell — auch des Edisonschen Phonographen — geradeso hervorgebracht werden wie durch das natürliche. Sie sind auf das Trommelfell lokalisiert und können bei passender Zuleitung monotisch bleiben. Wenn man aber bei gleicher Hörschärfe beiderseits einen streng auf ein Ohr beschränkten starken Differenzton erklingen läfst und sehr aufmerksam verfolgt, so hört man ihn auch im anderen Ohr. Mein früherer

physiologischer Deutung, um einen Schall, der schon nahe daran ist, bis zum Sensorium vorzudringen, so weit zu verstärken daſs er wirklich bis dahin dringt.

Hiernach möchte ich noch einmal auf einige Versuche und die daran geknüpfte Hypothese zurückkommen, deren ich schon in meinem vorigen Briefe gedachte.

Zwei Uhren oder Stimmgabeln, die vor demselben Ohre die bekannten Stöſse oder periodischen Tonanschwellungen geben, geben solche nicht merkbar, wenn sie vor beide verschiedene Ohren gehalten werden, Beweis, daſs sich die von beiden Seiten herkommenden Schwingungen nicht eben so ihrer Stärke nach summieren können, als wenn sie durch dasselbe Ohr eindringen; aber wenn man die Stiele der aneinander angeschlagenen Stimmgabeln in die beiden Ohren selbst steckt, wo der Schall sehr stark wird, hört man allerdings die Anschwellungen, nur verhältnismäſsig schwächer, als wenn man die Gabeln vor dasselbe Ohr hält,* Beweis, daſs eine schwache Verstärkung von einer Seite zur andern doch stattfindet. Was in Verbindung mit der Thatsache, daſs wir mit zwei Ohren denselben Schall doch nur einfach hören, jene Hypothese zuläſst, deren ich gedachte, daſs die Endigungen der Hörnerven im Gehirn nicht eigentlich zusammenflieſsen, aber doch eine schwache Verbindung durch den allgemeinen Gehirnzusammenhang haben.

Mit diesen Thatsachen und einer zur Repräsentation der-

Assistent, Dr. Karl Schaefer, welchen ich aufforderte, diesen Gegenstand zu untersuchen, hat sogar die intracranielle Überleitung des Differenztones noch kurz vor dem Verklingen desselben beobachtet, indem derselbe im Augenblick des Verschlusses des anderen Ohres lauter wird und nach der Medianebene zu fortrückt, was nur bei diotischem Hören möglich ist. Ist der einseitige Differenzton stark, dann wird diese Fortpflanzung in das andere Ohr, wie ich längst bemerkt hatte, sehr deutlich. Ob aber bei den leisesten Telephontönen eine ähnliche Überleitung stattfinden kann, ist ungewiſs. Denn diese sind noch viel schwächer, als der leiseste noch hörbare Differenzton, weil sie bei dem diskutierten Versuch eben garnicht mehr mit einem Ohr allein gehört werden. Also ist zwar Fechners Einwand begründet und experimentell nunmehr als berechtigt dargethan, aber er trifft nicht notwendig die minimalen Schallstärken, um die es sich hier handelt. [P. 1890]

* Das Bekannte über derartige Versuche mit ein paar eigenen Versuchen habe ich anhangsweise in meiner Abhandlung „*Über einige Verhältnisse des binokularen Sehens*“ (Leipzig, Hirzel) mitgeteilt. [F. 1883]

selben geeigneten Hypothese werden beide Deutungen des TARCHANOFFschen Versuches zu rechnen und dabei dem Umstande gerecht zu werden haben, daſs der Schall von jedem beider Ohren für sich nahe unter der Schwelle sein muſs, soll der Versuch gelingen. Aber jede beider Ansichten wird dies in ihrer Weise können. Nach der psycho-physischen Ansicht muſs die Schallerregung an jedem Nervenende im Gehirn für sich nahe unter der inneren Schwelle sein, um durch die schwache Zuleitung, die durch die Verbindung mit dem andern Ende von diesem her möglich ist, vollends darüber gehoben zu werden; nach der physiologischen Ansicht aber wird der Schall an jedem Ohre für sich nahe daran sein müssen, bis zum Sensorium zu dringen, um durch die schwache Zuleitung, welche durch die zusammengesetzte Knochenleitung* vom anderen Ohr her entsteht, vollends dazu befähigt zu werden.

Ich kann meinerseits zwischen beiden Alternativen keine sichere Entscheidung finden. Aber vielleicht fällt Ihnen doch etwas in dieser Hinsicht ein, und nichts könnte mir erwünschter sein, als wenn die Entscheidung zu gunsten der inneren Schwelle ausfiele. Jedenfalls hat es mich gefreut, daſs Sie an der Frage Interesse genommen haben, und entschuldigen Sie nur die vorigen etwas weitgehenden Auseinandersetzungen, in die ich mich auf Grund seiner Voraussetzung eingelassen habe.

Mit vorzüglicher Hochachtung

der Ihrige

FECHNER.

Hochverehrter Herr Professor,

Als ich Ihnen in der betr. Frage neulich Bemerkungen zuschickte, hatte ich leider Ihren Brief verlegt, um auf alles Rücksicht nehmen zu können. Der Brief ist noch nicht gefunden, muſs aber bald zum Vorschein kommen; jedenfalls haben Sie mich durch erneute Bemerkungen in Ihrem heute erhaltenen Schreiben in Stand gesetzt, auch den ersten Brief besser zu beantworten.

* [„Nein“ VIERORDT 1883].

Ich meine mit dem positiven Nachweis, dafs von Schallfortpflanzungen durch die Schädelknochen bei so schwachen Schallen garnicht die Rede sein kann, immerhin einen nicht unwertigen Beitrag zur fraglichen Diskussion gegeben zu haben.

Aber Ihren Haupteinwand gegen sich selbst habe ich damals unbesprochen gelassen.

Sie verlangen mit Recht, dafs die halbe Schwelle beiderseits (resp. ein Minimum darüber) zur Schwellenempfindung gesteigert werde. Aber wie rechnen Sie?

Der ganzen Schwelle entspricht bei Ihnen ein bestimmtes objektives Minimum des äufseren Reizes. Also der halben Schwelle die Hälfte dieses objektiven Minimums. Dabei ist vergessen, dafs vom äufseren Reiz ein ansehnlicher Teil zu Grunde geht, bis der Rest ins Labyrinth gelangt. Dagegen kann gar keine Einwendung gemacht werden.

Die Telephonversuche dürften viel besser durch einfachere Schallquellen resp. Leitungsapparate zu ersetzen sein. Ich will mich in letztere Versuchstechnik hineindenken; alles läfst sich ja ohne Weiteres aufs Telephon übertragen.

Sei a eine kleine Schallquelle, z. B. ein Elfenbeinrecipient, der durch ein Bleikügelchen zum Schallen gebracht wird. b und b' zwei offenene Röhren.

Bei m und m hören beide Ohren. Also kein Kontakt mit den Kopfknochen (um den Versuch so einfach als möglich zu machen). Sie sehen, dafs je nach Bedarf rechts oder links oder auf beiden Seiten gehört werden kann.

Die Schwingungen des Elfenbeins werden nun geschwächt 1. beim Übergang in die Luft, 2. beim Fortgang durch die Luft der Röhre, 3. beim Übergang ins Trommelfell, 4. bei der Fortpflanzung durch die Hörknöchelchen ins Labyrinth.

Von dem ursprünglichen Schall S ist also noch übrig, wenn wir die Schallschwächungen 1 bis 4 mit s bezeichnen, ein Rest der V heifsen soll. Sei $S = 10$, $s = 3$, $V = 7$ (sicherlich viel zu viel angenommen), so kann dem $\frac{S}{2} = 5$ nur noch ein $V = 2$ entsprechen!

Wir müssen also ganz anders rechnen, als Sie geneigt sind.

Dafs meine Ansicht keine hypothetische ist, haben Ihnen viele frühere Versuche von mir bewiesen. Es ist aber, wie Sie sich sehr wohl erinnern, s beim selben Schallmaterial und denselben Leitungsbedingungen eine konstante Gröfse, durchaus aber keine, welche dem S proportional wäre.

Und damit ist Ihr Haupteinwand gefallen. Das s kommt freilich kaum in Frage, wenn wir es mit halbwegs grofsem S zu thun haben; aber bei unseren Schwellenwerthen kommt es mit grofsem Gewicht in die Erwägung.

Würde einer zwei $\frac{S}{2}$ wirklich hören, so hätte ich ihm zu sagen: das ist nicht wahr!

Dabei erinnere ich an eine von mir in unserer mich so belehrenden früheren Korrespondenz gemachte Äufserung, dafs in der Schwellengegend die Unterscheidungsempfindlichkeit doch eigentlich anders berechnet werden mufs als Nörr thut. Hier wird Ihr Gesetz limitiert, welche Beschränkung aber dem Gesetz keinen Eintrag thun kann. Es war mir eigentlich immer unheimlich, dafs nach Nörr das Gesetz auch in der Schwellenregion gelten solle.

Mir ist, wie Sie sehen, Ihr halbes S von grofsem Interesse. Irre ich nicht, so finde ich in einem passend abgeänderten Tarchanoffschen Experiment das längst vermifste Hilfsmittel, um den Rest experimentell bestimmen zu können, der von der ursprünglichen Schallstärke eben noch hinreicht, um die mikroskopischen Endorgane des Acusticus zur Vermittelung einer Schwellenempfindung zu reizen.

Meine oben vorgeschlagene Technik werden Sie wohl für vorwurfsfrei erklären? Bitte um Bescheid. Über vieles andere das nächstemal.

Hochachtungsvoll

Vierordt.

22. Jan. 1883.

Verehrter Herr Professor,

Ein kurzer Nachtrag!

Dafs wir nicht vom halben Schwellenwerth x (gemessen nach objektiver Schallstärke) die Hälfte der sensuellen Wirkung verlangen dürfen, resp. eigentlicher von 2 halben x nicht die Wirkung von 1 x in Aussicht haben, werden Sie wohl zugeben.

Nun fällt mir noch bei, dafs ja beim Übergang vom Psychophysischen ins Psychische das logarithmische Verhältnis eingreift. Das macht offenbar die Frage verwickelter.

Gestern machte ich die ersten Versuche nach der Ihnen mitgeteilten Technik. Ich habe bisher immer und immer nur mit dem rechten Ohr gehört; trügt mich nicht alles, so höre ich links schärfer als rechts.

Ich mufs aber darüber specielle Versuche machen, indem ich dasselbe Rohr abwechselnd für das rechte und das linke Ohr benütze.

Stellt sich eine wesentliche Ungleichheit beiderseits heraus, so darf ich nicht mit 1 Kügelchen experimentieren, wie in meinem Plan lag, sondern mufs *a tempo* 2 Kügelchen, je 1 für 1 Ohr fallen lassen, was die Frage (oder eigentlich nur die experimentelle Technik) erschwert.

Ergebenst

VIERORDT.

Samstag, 27? Jan. 83.

[Postkarte] Tübingen, 28. Jan. 83.

Als Nachtrag zu meinem gestrigen Brief.

Beide Ohren seien gleich feinhörig. Der äufsere Schall, der auf 1 Ohr die Schwelle kein bischen übersteigt, sei z. B. 24 (in relativen Intensitäten). Bei 22 sei also die Schwelle nicht erreicht.

Vom Schall 24 werde durch Fortleitung zum Ohr und im Nerven (d. h. Schwächung der Nervenerregung für jenen am Anfang des Nerven noch wirkenden proportionalen Reiz) 20 aufgezehrt; somit Rest 4 zur Wirkung an der Schwellenthüre; log. $4 = 0{,}602$. Reizrest $2 = 0{,}301$ sei wirkungs-

los. Erfahrungsgemäſs ist beiderseits ein relativ sehr ansehnlicher Schall nötig, um die Schwelle zu übersteigen, nicht $\frac{x}{2}$, sondern mindestens ein Reizrest 2 beiderseits, also $2 \times 0{,}301$. Aufgezehrt sei beiderseits wiederum 20, also ist der ursprüngliche äuſsere Schall = 22, der auf 1 Ohr noch unwirksam ist. Damit sind wohl alle Ihre Bedenken beseitigt.

Gestern fand ich, daſs mein linkes Ohr die Schwelle erreicht bei äuſserer Reizstärke 15,16; mein rechtes erst bei *circa* 72 im Mittel. Wenn die Schalle rechts und links aber stark sind, so merkt man keinen Unterschied, ein glänzender Beweis für meinen alten Satz: es kommt immer nur auf das absolute Schwächungsvermögen an. 100 000 minus 15,16 ist ja im wesentlichen gleich 100 000 — 72!!

Ich habe bis *dato* immer rechts experimentiert.

Aus einem Entwurf von Fechner:

28. Jan. 83.

An Vierordt.

Könnte ich doch Ihren Bemerkungen nachgeben; aber noch finde ich meine Bedenken nicht erledigt. Mein Haupteinwand gegen die Beweiskraft des *T*-Versuches für die innere Schwelle ist, etwas bestimmter als früher ausgedrückt, der: Wenn der Versuch beweisend sein soll, so muſs er nicht bloſs gelingen, wenn der äuſsere Schall und mithin die dadurch im Sensorium erweckte innere psycho-physische Bewegung jederseits für sich nahe unter der Schwelle ist, sondern auch, wenn die Hälfte der inneren Schwelle jederseits für sich nur wenig überschritten ist, indem sich dann beim zweiseitigen Versuch die psycho-physischen Erregungen im Sensorium zu einer Erregung über der inneren Schwelle summieren müssen. Gehen wir nun vom ersten Falle aus, dem des *T*-Versuches, wo der äuſsere Schall in jedem Ohre für sich die innere Erregung nahe bis zur inneren Schwelle treibt, so muſs es doch immer möglich sein, ihn so weit abzuschwächen, daſs die innere Schwelle bloſs halb oder wenig über halb erreicht wird, hiermit aber tritt mein Einwand in Kraft, da sich zeigt, daſs der *T*-Versuch dann nicht gelingt, daſs also die beiden inneren

psychophysischen Erregungen, wenn sie für sich etwas über der halben inneren Schwelle sind, durch Summierung solche nicht zu übersteigen vermögen. Hingegen scheint mir Ihre Betrachtung nicht zu gelingen, sofern sie, wenn ich nicht irre, darauf hinausgeht, dafs, wenn der äufsere Schall an jedem Ohre für sich nahe unter der Schwelle ist, er (d. i. die psychophysische Bewegung) bei Halbierung seiner Stärke das Sensorium garnicht mehr erreichen kann. Das kann er wohl, indem die Abschwächung doch nur eben so weit zu gehen braucht, dafs statt der ganzen Schwelle nur die halbe Schwelle, oder etwas darüber im Sensorium erreicht wird. . . .

Ferner mufs es zwei äufsere Reizwerte geben, von denen der eine die innere Schwelle ganz oder nahe ganz erreichen läfst, indefs der andere sie nur halb oder wenig über halb erreichen läfst. Und doch soll der Versuch nach Preyers ausdrücklicher Angabe nur gelingen, wenn die Schwelle jederseits nahe erreicht ist.

Auch den Einwand kann ich noch nicht fallen lassen, dafs ein Schall, der an jedem Ohre für sich unzureichend ist, zum Sensorium zu dringen, beim Tarchanoffschen zweiseitigen Versuche durch Zuleitung mittelst der Kopfleitung vom anderen Ohre her möglicherweise so weit verstärkt werden könnte, bis dahin zu dringen, und dafs sich hieran die physiologische Deutung des T-Versuches halten könne.

Nach Ihnen kann es nicht der Fall sein, weil der so geleitete Schall nach direkten Versuchen zu schwach sei, vom einen Ohr zum anderen zu dringen, wenn man sich an die Bedingungen des T-Versuches halte. Aber woraus schliefsen Sie das? Doch nur daraus, dafs er nach solcher Leitung für sich zu schwach bleibt, um gehört zu werden; aber das beweist doch nur, dafs er nach solcher Leitung für sich noch unter der Schwelle bleibt. . . .

Also läfst sich jedenfalls nicht *a priori* oder nach bestimmt vorliegenden Erfahrungen behaupten, dafs der zweiseitige T-Versuch wegen des Einflusses von x nur gelingen könne, wenn man beim einseitigen Versuche S_1 so weit treibt, dafs die innere Schwelle S nahe erreicht werden mufs.

Da es Sie vielleicht interessiert, die kleine Preyersche Abhandlung selbst einzusehen, lege ich sie mit der Bitte um gelegentliche Zurücksendung bei [S. 194].

Hiernach beiläufig noch einige andere zugehörige Bemerkungen.

Sie machen neuerdings, wie schon früher einmal, mit Recht geltend, daſs die NÖRRschen Schallversuche bei kleinen Schallwerten wegen des gemeinsamen Abzugs x vom gröſseren wie kleineren Schall r^1, r eigentlich eine untere Abweichung vom WEBERschen Gesetze zeigen müſsten, die jedoch bei gröſseren Schallwerten wo x gegen r^1 wie r verschwindet, zu vernachlässigen ist. Wie ich nun sehe, schreiben Sie diesen Abzug x bloſs auf den Widerstand, den der Schall auf seinem Wege vom äuſseren Ohre bis zum Nervenende im Labyrinth erfährt, indes ich meinerseits gestehe, nicht zu wissen, wenn die Schwingungserregung auſserhalb des Nerven einen solchen Widerstand erfährt, warum er nicht im Nerven selbst, nur noch viel langsamer fortschreitend, ja um so leichter einen solchen erleiden sollte; und so kann ich in dieser Hinsicht den von Ihnen geltend gemachten Grund der untern Abweichung vom WEBERschen Gesetz sogar nur verstärkt und verallgemeinert finden. Denn derselbe Grund muſs bei jedem andern Sinnesgebiete eine untere Abweichung bewirken; und es ist ein Mangel, daſs ich in meinen Schriften nicht darauf hingewiesen habe, was ich freilich nicht konnte, ehe Ihre Versuche dazu die Unterlage gaben. Allgemein gesprochen, seien r^1, r die beiden Reize, so sagt das W. G., daſs die Unterschiedsempfindung dieselbe bleibt, wenn das Verhältnis $\frac{r^1}{r}$ bei Änderung der absoluten Werte r^1, r dasselbe bleibt, was aber nicht mehr der Fall ist, wenn durch Abzug des x von jedem Reize das Verhältnis in $\frac{r^1 - x}{r - x}$ übergeht. Indes glaube ich mich zu erinnern, daſs wir auch schon früher eine Art Kompensation dafür beim Schall besprachen, sofern das doch nie ganz fehlende Tagesgeräusch oder Nachtgeräusch zu jedem Werte r^1, r einen gemeinschaftlichen Zuwachs, heiſse er u, fügt, man also eigentlich hat $\frac{r^1 + u}{r + u}$. Wenn nun schon keineswegs eine Gleichheit von u und x vorauszusetzen ist, so wirken sich jedenfalls beide Abweichungen wegen ihres entgegengesetzten Vorzeichens entgegen, und kann es sein, daſs die resultierende Abweichung nach einer oder der andern Seite sich in den Versuchsirrtümern verliert.

Beim Auge wird das Tagesgeräusch durch die subjektive Reizung ersetzt, welche die Empfindung des Augenschwarz hervorbringt, und wahrscheinlich ist jedes Sinnesorgan auch ohne äufsere Reizung subjektiv bis zu gewissen Grenzen psycho-physisch erregt, nur dafs nicht bei jedem wie beim Auge diese Erregung die Schwelle übersteigt. Aber auch eine subjektive Erregung unter der Schwelle mufs doch als positiver Zuwachs zu der vom äufseren Reize erweckten psycho-physischen Erregung in Rechnung kommen und eine gewisse Kompensation mit dem Verlust x bewirken, ohne dafs wir freilich das Genauere darüber wissen.*

Aus einem Entwurf von Fechner:

Leipzig, d. 3. Febr. 83.

Hochgeehrter Herr Professor,

Unsere Bemerkungen über denselben Gegenstand haben sich gekreuzt ohne sich gegenseitig zu treffen, und ich weifs daher nicht, wie Sie sich zu den meinigen stellen. Meinerseits könnte ich mich den Ihrigen, so wie sie in Ihrer Postkarte und dem nachfolgenden Briefe vom 28. vorliegen, noch nicht fügen, einmal weil ich den Punkt gefunden zu haben glaube, wo sie fehlschlagen, zweitens, weil ich meine eigene Betrachtungsweise dadurch nicht entkräftet finde.

Ersteres anlangend, so ist nach Ihnen x der konstante Teil des in ein Ohr eindringenden Schalls, welcher durch Widerstände absobiert wird, wonach der Rest entweder noch hinreichen oder nicht hinreichen kann, die innere Schwelle, welche S heifse, zu übersteigen. Erstenfalls wird der Schall gehört, zweitenfalls nicht gehört. Nun ist weiter nach Ihnen S^1 ein Schall von solcher Stärke, dafs er, auf 1 Ohr wirkend, nur eben gehört wird, dafs mithin durch den unabsorbierten Rest, welchen Sie y nennen, die innere Schwelle S um einen beliebig kleinen Wert α überstiegen wird, was kurz so auszudrücken:

$$S^1 - x = y \text{ giebt } S + \alpha.$$

* Vgl. meine Abhandlung *„Die Grenzen der Tonwahrnehmung“* (Jena 1876), wo S. 66 die Stille erörtert wird, und hier S. 145 fg. Der Brief vom 28. fehlt. Die Postkarte S. 187.
[P. 1890]

Ferner ist nach Ihnen S_1 der beim einseitigen T-Versuch stattfindende Schall, der auf 1 Ohr wirkend, nur eben nicht gehört wird, so daſs durch den unabsorbierten Teil, welcher y_1 heiſse, die innere Schwelle S um ein Minimum α unterschritten wird, was sich so ausdrückt;

$$S_1 - x = y_1 \text{ giebt } S - \alpha$$

und

$$S_1 = x + y_1.$$

Ich denke, insoweit sind wir einig, indem das Vorige nur Ihre eigenen Voraussetzungen und Bezeichnungen wiedergiebt, abgesehen davon, daſs ich ohne Widerspruch damit vorerst die Bezeichnung y_1 für den im zweiten Falle unabsorbiert bleibenden Teil des Schalles S_1 eingeführt habe, welcher kleiner als y ist, da S_1 kleiner als S ist, von beiden aber dasselbe x in Abzug kommt.

Also es ist y_1 nach uns beiden kleiner als y, aber wie gelangen Sie dazu, $y_1 = \frac{y}{2}$ zu setzen? was Sie thun, indem Sie $S_1 = x + \frac{y}{2}$ setzen, indes wir vorhin nach Ihnen hatten $S_1 = x + y_1$. Vielmehr kann y_1 nur um eine Kleinigkeit kleiner als y sein. Denn kombinieren Sie obige zwei in Ihrem eigenen Sinne gestellte Ausdrücke so haben Sie:

$$y \text{ giebt } S + \alpha;\ y_1 \text{ giebt } S - \alpha.$$

Da nun $S + \alpha$ von $S - \alpha$ sich nur um die Kleinigkeit 2α unterscheidet, so können die Werte y und y_1, deren Wirkung $S + \alpha$ und $S - \alpha$ sind, sich auch nur um eine Kleinigkeit unterscheiden.

Natürlich kann ich hiernach auch den weiteren Folgerungen, die Sie ziehen, nicht beitreten. Auf die logarithmische Gröſsenbeziehung der Empfindung zum Reize aber scheint mir überhaupt hierbei nichts anzukommen, da es eben nur auf Überschreitung und Unterschreitung der Schwelle hierbei ankommt.

Meinerseits rechne ich im Sinne der schon früher eingeschlagenen Betrachtungsweise so: Die innere Schwellenerregung heiſse wie soeben S. Nun wird der Schall S_1 beim einseitigen T-Versuch so groſs genommen, daſs S nahe erreicht ist, aber doch eine Kleinigkeit α daran fehlt, daſs also statt S vielmehr

$S_1 = S - \alpha$ statthat, indes zum Übersteigen der inneren Schwelle die innere Erregung den Wert $S^1 = S + \alpha$ haben mufs. Dies wird nun beim zweiseitigen T-Versuche, im Falle einfacher Addition der unabsorbierten Erregungen mehr als genügend dadurch erreicht, dafs wir jetzt als Summe beider innerer Erregungen haben:

$$2\ (S - \alpha)$$

einen Wert, der viel gröfser als die innere Schwelle S, ja fast doppelt so grofs ist, sofern α klein gegen S ist. Wenn nun der Wert S_1 beim einseitigen Versuche einen inneren Wert $S - \alpha$, welcher der Schwelle schon sehr nahe ist, beim zweiseitigen einen fast doppelt so grofsen Wert giebt, so mufs man beim einseitigen Versuch S_1 auch noch erheblich unter die Schwelle vermindern können und immer noch durch Summation beim zweiseitigen eine innere Erregung $> S$ erhalten können. Aber nach PREYER gelingt der TARCHANOFFsche zweiseitige Versuch nur, wenn beim einseitigen S_1 der Schwelle nahe bleibt. Dies der Einwand, den ich mir selbst in betreff der Beweiskraft des T-Versuches machte und nur dadurch zu heben vermöchte, dafs die einfache Summierung der zweiseitigen Erregungen, welche dabei vorausgesetzt wird, nachweislich nicht stattfindet.

Nach näherer Betrachtung finde ich nun zwar, dafs sich der Einwand möglicherweise noch in einer andern Weise heben läfst, aber eben nur möglicherweise. Wenn nämlich x beim einseitigen T-Versuch einen dem S_1 sehr nahen Wert haben sollte, wofür indes keine bestimmte Voraussetzung besteht,* wird der Wert S_1 nicht erheblich vermindert werden können, ohne kleiner als x auszufallen, also ganz durch x absorbiert zu werden, und dann wird auch der zweiseitige T-

* Nämlich man hat beim einseitigen T-Versuche

$$S_1 - x = S - \alpha$$

wobei für jetzige Betrachtung von α als nahe null abstrahiert werden kann, also merklich

$$S_1 - x = S$$

Je nachdem nun S selbst nahe an S_1 oder sehr klein dagegen, worüber wir nichts wissen, wird x klein oder grofs gegen S_1 sein.

[F. 1883]

Versuch nur gelingen, wenn man beim einseitigen nahe bei der Schwelle stehen bleibt. Ist dagegen x klein gegen S_1, wovon die Grenze ist, dafs x gegen S_1 verschwindet, so läfst sich zeigen, worüber ich doch die Ausführung hier übergehe,* dafs man dann S_1 beim einseitigen Versuche fast, nur nicht ganz auf die Hälfte von dem Werte müfste herabbringen können, den S_1 beim einseitigen T-Versuch selbst hat, ohne das Gelingen des zweiseitigen Versuches durch Summierung der geschwächten Erregungen von beiden Seiten zu hindern.

Also bleibt von dieser Seite die Beweiskraft des T-Versuches für die innere Schwelle jedenfalls unsicher, und um so mehr mufs ich sie so finden, als ich die Deutung des T-Versuches ohne Rücksicht auf eine innere Schwelle durch Zuhülfenahme einer Leitung des Schalls durch die Kopfknochen noch nicht als mögliche widerlegt halten kann.

(Separat-Abdruck aus den *Sitzungsberichten der Jenaischen Gesellschaft für Medizin und Naturwissenschaft.* Jahrg. 1879. Sitzung vom 21. Februar.)

Prof. PREYER demonstrierte und besprach „Die akumetrische Verwendung des BELLschen Telephons."

„Während die Ophthalmologie sich schon lange einer guten Methode zur Messung der Sehschärfe erfreut und die Grade derselben durch Zahlen ausgedrückt werden, welche sich allgemein auf dieselbe Mafseinheit beziehen, gab es vor der Erfindung des Telephons kein zuverlässiges Verfahren, die Hörschärfe zu messen. Durch das Telephon aber ist man im stande, sowohl die Intensität des leisesten eben noch hörbaren Schalles, die Schallschwelle, als auch die geringste eben noch wahrnehmbare Differenz zweier qualitativ gleicher, quantitativ ungleicher Schalle, die Schallunterschiedsschwelle, in Zahlen, welche sich auf dieselbe Einheit beziehen, genau auszudrücken.

* Wenn nämlich x gegen das S_1 verschwindet, was beim einseitigen T-Versuche die innere Erregung fast bis zur inneren Schwelle S treibt, so hat man merklich

$$S_1 \text{ giebt } S - \alpha$$

wo α beliebig klein gegen S. Nun kann man S_1 einseitig bis nahe, nur nicht ganz auf die Hälfte herabbringen, so dafs man nach voraus-

Es heiſse beim BELLschen Telephon die Kombination, welche die Schallwellen des Sprechers aufnimmt, Acceptor, diejenige, ihr kongruente, welche sie wiedergiebt, indem sie die durch die Schallschwingungen erzeugten elektrischen Oscillationen empfängt, Receptor. Ferner heiſse das Hören mit einem Ohre monotisch, das mit zwei Ohren diotisch (anstatt des schleppenden binaureal) und das Hören durch Kopfleitung allein, ohne Beteiligung eines der beiden peripheren Ohren, cephalotisch. Endlich heiſse die Schallempfindung eines nur im Ohre oder Kopfe des Hörers vorhandenen Reizes, wie bisher, entotisch, dagegen die Empfindung eines auſserhalb des Ohres und Kopfes erzeugten Schalles, welchen also mehrere zugleich wahrnehmen können, ektotisch; ebenso die entsprechenden Schallquellen entotisch und ektotisch. Man hat dann zur Ermittelung der ektotischen Schallschwelle zu bestimmen die Intensität des Schalles, welcher 1) monotisch, 2) diotisch, 3) cephalotisch eben noch und eben nicht mehr percipiert wird.

Ich verwende dazu das im Receptor ohne die schwingende Platte oder mit derselben erzeugte Knacken oder Ticken, welches jedesmal entsteht, wenn ein durch den Telephondraht zu leitender konstanter Strom durch Eintauchen des Leitungsdrahtendes in Quecksilber geschlossen oder durch Herausheben desselben aus dem Quecksilber geöffnet wird. Die Intensität dieses Knackens steigt mit der Stromstärke. Man braucht also nur das Element mit einem Rheochord zu verbinden, so entsprechen die zum Hörbarwerden des Tickens erforderlichen Widerstände desselben den eben wahrnehmbaren Schallstärken, und deren reciproke Werte den Hörschärfen. Denn je stärker der zur Erzeugung des Schwellenschalles erforderliche Strom, um so

---

gesetzter Proportionalität der inneren Erregung mit dem Reize bei wechselndem x statt

$$\frac{S-\alpha}{2} \text{ vielmehr } \frac{S+\alpha}{2}$$

erhält, d. h. daſs die halbe innere Schwelle statt ein wenig unterstiegen ein wenig überstiegen wird. Das Zusammentreffen des $\frac{S+\alpha}{2}$ von beiden Seiten giebt dann die Summe $S+\alpha$, wodurch S ein wenig überstiegen wird, wie es zum Gelingen des zweiseitigen Versuches gehört. [F. 1883]

geringer die Hörfeinheit. Bei diesem Verfahren ist vor allem die Herstellung eines Elementes von so geringer elektromotorischer Kraft notwendig, daſs bei Ausschaltung aller Widerstände des Rheochords in der den Receptor aufnehmenden Nebenschlieſsung gar kein Ticken gehört wird, sondern erst nach Einschaltung des nach Centimetern gemessenen schlecht leitenden Rheochorddrahtes Schluſs und Öffnung gehört werden. Keins der gebräuchlichen galvanischen Elemente ist selbst dann, wenn die Platten von Kohle, Platin, Zink, Kupfer u. s. w. in Wasser getaucht sind, und man das du Bois-Reymondsche Rheochord verwendet, schwach genug und keines unveränderlich. Denn in allen Fällen hören Scharfhörige, trotz des bedeutenden Widerstandes des langen und dünnen Drahtes im Telephon, nach Einfügung sämtlicher Stöpsel und bei dem Schieberstand Null, jedesmal das Schlieſsungs- und Öffnungsticken. Ich setzte daher ein anderes Element zusammen, welches einen so schwachen Strom giebt, daſs man den Schieber 10 bis 20 Centimeter selbst für das schärfste Ohr entfernen muſs, um etwas zu hören. Es besteht nur aus einem kleinen Platin- und Zinkblechstück, die in einer konstanten Entfernung eben in Zinkvitriol getaucht und durch kurze Drähte mit dem Rheochord verbunden sind. Dieses Element kann als konstant angesehen werden und giebt genügend schwache Ströme; doch sind dieselben stark genug, um durch Einschaltung zunehmenden Rheochordwiderstandes in die Stammleitung auch von Schwerhörigen percipiert werden zu können.

Läſst man centimeterweise von Null an den Widerstand wachsen, so hört man zuerst nur das Schlieſsungsticken, nach einigen weiteren Centimetern auch das Öffnungsticken. Es empfiehlt sich wegen der groſsen Sicherheit in der Beurteilung, ob man eine oder zwei Empfindungen hat, das erste Auftreten des Öffnungstickens als Indikator für die Überschreitung der Schwelle zu benutzen. Die beobachteten Unterschiede der Hörschärfe bei verschiedenen Individuen und für das linke und rechte Ohr eines Individuums sind sehr auffallend und lassen sich mittelst des erwähnten Rheochords, welches Widerstände von 1 bis 20 000 Millimeter anzuwenden gestattet, in Zahlen genau angeben. Die einzelnen Einstellungen stimmen vorzüglich überein, so daſs eine Änderung der Erregbarkeit des Hörnerven während der Versuche nicht annehmbar ist. Nur muſs

die Aufmerksamkeit immer maximal gespannt sein wie bei allen Grenzbestimmungen. Es mufs im Beobachtungsraum Stille herrschen.

Auch die Schallunterschiedsschwelle läfst sich nach diesem Verfahren ermitteln. Man braucht nur zuerst einen bestimmten Widerstand W einzuschalten, etwa 1 Meter, und sich den Schall zu merken, dann einen zweiten gröfseren Widerstand $W + w$ anzuwenden, den man mittelst des Schiebers so lange steigert, bis man das Ticken eben deutlich lauter hört, wobei der erste Schall immer zum Vergleich wiederholt und nach jeder neuen Einstellung der Strom öfters geschlossen und geöffnet wird. Man findet w, wie sich erwarten liefs, sehr grofs, d. h. die Hörschärfe für Intensitätsunterschiede gering.

Eine andere Methode der Akumetrie empfehlen Hugo Kronecker und Arthur Hartmann (*Verh. d. physiol. Ges. zu Berlin*, 19. Jan. 1878. S. 25). Eine von zwei Daniellschen Elementen schwingend erhaltene elektrische Stimmgabel von 100 Schwingungen in der Sekunde unterbricht den Strom, der durch die primäre Spirale eines Schlitteninduktoriums geht; mit der sekundären ist das Telephon verbunden. Der Rollenabstand, bei dem der von der Receptorplatte reproduzierte Gabelton erlischt, bezw. eben merkbar wird, entspricht der Hörschärfe direkt. Je gröfser der Rollenabstand, um so leiser der Ton, um so niedriger die Tonintensitätsschwelle, um so feiner das Gehör.

Dieses Verfahren vereinfachte ich zunächst durch Weglassen der sekundären Spirale des Schlitteninduktoriums. Ihre Stelle nimmt die Telephonspirale ein. Man braucht nur den Abstand des freien Telephons von der primären Rolle zu messen. Ferner ist auch die elektrische Stimmgabel unnötig. Trennt man den Neeffschen Unterbrecher vom Apparat und stellt man ihn im Nebenzimmer auf, so dafs er nicht gehört wird, so ist das Resultat dasselbe. Das freie Telephon wird dann leicht zum lauten Selbsttönen gebracht.

Soll jedoch die Abhängigkeit der Intensitätsschwelle von der Tonhöhe ermittelt werden, dann ist die Anwendung der Gabeln indiziert, und zwar würde sich dazu die von R. König in Paris erfundene Stimmgabel mit veränderlicher genau bestimmbarer Schwingungsfrequenz empfehlen.

Eine Hauptschwierigkeit bei diesem ganzen Verfahren bildet

aber die Inkonstanz der Elemente, welche zwar während mehrerer Versuchsreihen sich elektromotorisch nahezu gleich bleiben können*, nicht aber überall in ganz gleicher Beschaffenheit herzustellen sind. Man mufs also, wenn die Hörschärfe allgemein in solchen Einheiten, wie etwa der Muskelstrom und Nervenstrom in Daniells, ausgedrückt werden soll, vor und nach jeder Versuchsreihe die Beständigkeit der elektromotorischen Kraft kontrollieren in ähnlicher Weise wie E. du Bois-Reymond es that (*Archiv für Anatomie und Physiologie und wissenschaftliche Medizin* 1867, S. 280 Anm.). Denn die induzierende Wirkung und damit die Intensität des Telephontons, wird schon durch so geringe Änderungen der elektromotorischen Kraft der Kette merklich beeinflufst, dafs von genauen Messungen der Hörschärfe nicht die Rede sein kann, wenn die Konstanz der Kette unkontrolliert bleibt.

Schon aus diesem Grunde, und dann, weil er viel zu starke Ströme anwandte, konnte Hartmann beim Kombinieren der elektrischen Gabel mit dem runden Kompensator von du Bois-Reymond kein brauchbares Resultat erzielen. Man kann aber sehr wohl bei Anwendung der von mir vorhin angegebenen Methode das oblonge Rheochord du Bois-Reymonds zur Bestimmung der Intensitätsschwelle für verschiedene Tonhöhen benutzen, wenn man unelektrische Gabeln als Unterbrecher in die Stammleitung einschaltet. Denn so hat Tarchanoff (*St. Petersburger medizinische Wochenschr.* Nr. 43. 1878) sogar den durch rhythmische Unterbrechung des ruhenden Muskel- und Nervenstroms entstehenden Telephonton deutlich hören können.

Demselben Forscher gebührt das Verdienst, zuerst auf das diotische Hören mit dem Telephon hingewiesen zu haben. Ich kann seine Beobachtung, dafs beim Hören intermittierender Ströme mit dem an beide Ohren angesetzten Telephon der Ton genau in die Medianebene des Kopfes verlegt wird, bestätigen, und zwar scheint sein Ort bei mir in dieser Ebene zu wandern. Der geringste Unterschied in der Hörschärfe der beiden Ohren oder in den beiden Tönen macht diese merkwürdige intrakra-

---

* H. F. Weber benutzte zu anderen Zwecken „ein Daniellsches Element, dessen elektromotorische Kraft nie um mehr als 1/1300 ihres Wertes variierte“. *Vierteljahrsschr. der Züricher naturforschenden Gesellschaft.* Sitzung vom 25. Nov. 1878.

nielle Lokalisation unmöglich, wie TARCHANOFF richtig bemerkt. *Auch kann ich die in psychophysischer Hinsicht wichtige Beobachtung desselben Gelehrten bestätigen, daſs nach Abschwächung des Telephontons bis eben unter die monotische Schwelle beiderseits, so daſs man mit jedem Ohr einzeln nichts hört, gleich nach dem Anlegen des einfach verbundenen Telephonpaares an beide Ohren im Mittelpunkt des Schädels ein Ton gehört wird. Die diotische Schallschwelle liegt also in der Reizskala tiefer als die monotische. Es findet eine centrale Summation der subliminalen monotischen Erregungen statt, welche sie in das Bewuſstsein hebt. Es muſs demnach die von der Peripherie centripetal fortgepflanzte Erregung einen centralen Widerstand überwinden, ehe sie sich in bewuſste Empfindung umsetzt. Die Thatsache beweist, daſs es eine Empfindungsschwelle giebt, indem die unterhalb der Reizschwelle bleibenden (unterschwelligen oder subliminalen) Reize nur eine Erregung der peripheren sensorischen Nerven bedingen, ohne bewuſste Empfindung, und erst durch centrale Addition zweier derartiger nicht bewuſst empfindbarer Erregungen die Schwelle der bewuſsten Empfindung überschritten wird. Nur die binokulare Farbenverschmelzung und die Vereinigung zweier, links und rechts getrennt, zugleich wahrgenommener Gerüche, können bis jetzt als Fälle von intracentraler Empfindungsverschmelzung aus anderen Sinnesgebieten dieser akustischen Summation, welche erst im Gehirn stattfindet, an die Seite gestellt werden, sind aber wesentlich anderer Natur.*

Schlieſslich sei noch einer mit dem Telephon bei Gelegenheit obiger Versuche von mir konstatierten noch unerklärten akustischen Täuschung gedacht.

Wenn man den Acceptor mit dem Receptor einfach leitend verbindet, beide durch einen und denselben intermittierenden Strom oder dieselbe Folge von Induktionsströmen zum Selbsttönen bringt, und die eine Platte dicht am einen Ohr tönen läſst, so scheint der Ton in diesem Ohr sich erheblich zu verstärken, während man die andere dem andern Ohr nähert. Ist die Entfernung durch fortgesetzte Annäherung an das freie Ohr aber so klein geworden, wie bei dem zuerst bewaffneten, dann scheint (dieses letztere bemerkte auch TARCHANOFF) der Ton von beiden Ohren in das Innere des Kopfes sich zurückzuziehen, falls beide Töne gleich sind und beide Ohren gleich gut hören.

Auch zum Studium des cephalotischen Hörens und sogar zum Messen der Intensität entotischer Schallempfindungen ist

das BELLsche Telephon besonders geeignet. Die Versuche darüber und über die Verwendung des ingeniösen Instruments zur Entdeckung simulierter monotischer Schwerhörigkeit sind noch nicht zu einem Abschlufs gelangt.“

Hochgeehrter Herr Professor,

Obschon mich die immer aufs neue wiederholten Einwände des Begründers der Psychophysik gegen meine Auffassung in der qu. Sache bedenklich machen müssen, kann ich beim besten Willen, bekehrt zu werden, meine Ansicht nicht wechseln.

Sie machten mich mit PREYERS Versuchen bekannt. Er fand, dafs eine kleine objektive Schallstärke H auf 1 Ohr eine Schwellenempfindung macht, und dafs diese objektive Schallstärke nur wenig kleiner zu sein braucht, um, auf beide Ohren zugleich wirkend, wiederum eine Schwellenempfindung auszulösen. Sie wandten dagegen ein, dafs offenbar $\frac{H}{2}$ beim 2 ohrigen Versuch genau dieselbe Schwellenempfindung machen müsse, wenn der Versuch beweisen solle, was PREYER bewiesen haben will.

Ich sagte Ihnen alsbald, dafs man die Sache anders fassen müsse, von dem ganzen (äufseren) H komme ja nur ein kleiner Teil noch zur Wirkung; daraus sei ersichtlich, dafs das einohrige H nur wenig stärker zu sein brauche als das 2ohrige; Sie haben sich mir gegenüber darüber weder affirmativ noch negierend förmlich ausgesprochen, doch sehe ich, dafs Sie meine Darstellung acceptierten.

y
2y
3y
H
H
H
H

Nennen wir H

$$H + y$$
$$H + 2y$$
$$H + 3y$$
$$\vdots$$
$$H + ny$$

verschiedene äufsere Schall-

stärken (ich will nicht $S - S_1 - S_2$ u. s. w. schreiben, wohl aber die $H + y$ u. s. w. als etwas Einheitliches betrachtet wissen).

So soll $H + 2y$ der schwächste äufsere Schall sein, der überhaupt eine Schwelle auslösen kann auf 1 Ohr.

Erfahrungsgemäfs wechselt aber die dazu erforderliche Schallstärke; sie kann auch

$$H + 3y$$
$$H + 4y$$
$$H + ny \text{ sein.}$$

Der Inhalt einer Schwellenempfindung ist für uns ein ganz klarer; d. h. die Empfindung kann nicht merklich stärker sein, aber auch nicht schwächer, denn im letztern Fall wäre sie nicht vorhanden.

Der Inhalt einer 1 ohrigen Schwellenempfindung mufs also absolut derselbe sein, wie der Inhalt einer 2 ohrigen.

Also mufs auch bei der 1 ohrigen Schwelle die Gröfse des wirksamen Restes der psychophysischen Erregung genau gleich sein der Gröfse des wirksamen Restes der psychophysischen Erregung durch die 2 Gehörnerven.

Wie soll ich denn anders schliefsen können, als dafs im letztern Fall dieser Rest auf jedem Ohr nur die Hälfte sein müsse des Restes für 1 Ohr?

Aber dieser Schlufs, *resp. Petitio*, ist ja **kontrollierbar** durch den Versuch, wie ich mich bemühte, darzulegen. Der Entscheidung durch den Versuch mufs alles anheimgestellt werden.

Also wird in verschiedenen Versuchen (bei variabeler Hörschärfe desselben Individuums) sein müssen die objektive Reizstärke, die eine Schwelle verursacht,

für 1 Ohr	für beide Ohren
$H + 2y$	je $H + y$ = also $H + 2y$
$H + 3y$	„ $H + 1{,}5y = H + 3y$
	u. s. w.

Ich glaube, das sind doch präcisere Aufstellungen, als wenn wir sagen wollten, für das 1 ohrige Experiment ist der Rest, der wirksam ist $= S$ (Schwelle) $+$ ein Minimum α darüber, der nicht wirksame $= S - \alpha$ u. s. w.

Warten Sie gefälligst Versuche ab, die ich in der Sache anstellen werde; nur bin ich augenblicklich nicht ganz tauglich dazu; vor acht Tagen habe ich in wenigen Stunden 1 ½ ℔ Blut (1/7 meines Vorrates) verloren (durch Nasenbluten) und diese wollen ersetzt sein.

Ergebenst

K. Vierordt.

15. Febr. 1883.

Leipzig, d. 20. Febr. 83.

Hochgeehrter Herr Professor,

Indem ich Ihnen mein Bedauern wegen des Zufalles, dessen Sie am Schlufs Ihres Schreibens gedenken, ausspreche, hoffe ich doch, dafs er nur als eine übermäfsige Krise zu betrachten sein wird, wodurch Sie vielleicht von einem schwereren Zufalle bewahrt worden sind. Glücklicherweise ist es ein ersetzbarer Verlust, den Sie in dieser Hinsicht erlitten haben, und bei sonst guter Konstitution und zeitweis gegönnter Ruhe wird es gewifs an diesem Ersatz nicht fehlen. Möge ich bei fernerem Anlafs zur Korrespondenz mit Ihnen das Beste in dieser Hinsicht hören.

Was den jetzigen Anlafs anlangt, so sehe ich nach Ihrem letzten Schreiben wohl, dafs ich Sie gründlich mifsverstanden habe, wenn ich aus Ihrem vorletzten Schreiben (vom 28. Jan.) schlofs, Sie nähmen an, dafs die unabsorbierten Reste zweier Schalle, von denen der eine ein wenig über der Schwelle, der andere ein wenig unter der Schwelle ist, überhaupt im Verhältnis $1 : \frac{1}{2}$ stehen müfsten. Dieser Irrtum war aus dem Zusammennehmen der zwei, von mir mit Rot unterstrichenen Stellen in Ihrem, hier zur Kontrolle wieder mit beigelegten, vorletzten Schreiben* entstanden, hätte aber wohl bei genauerem Eingehen in den Sinn Ihrer Betrachtung vermieden werden können.

Hingegen erkenne ich jetzt bestimmt aus der Darstellung in Ihrem letzten Schreiben als Ihre Ansicht: dafs der unabsorbierte Teil für 2 Ohren halb so grofs sein mufs, als für 1 Ohr, um denselben Schwelleneindruck für die Em-

* Der Brief fehlt. Ein Nachtrag dazu S. 187. [P. 1890]

pfindung zu machen, d. h. sie eben auf die Schwelle zu bringen, wogegen natürlich nicht zu streiten ist, wofern nur die unabsorbierten Teile von beiden Ohren hier ebenso im Sensorium zusammentreffen, mithin *in summa* das Gleiche für die Empfindung leisten, als wenn sie zusammen durch dasselbe Ohr eindrängen. Und abgesehen von dem nicht zu umgehenden, weil thatsächlich begründeten Zweifel, ob letzteres der Fall sei, bin ich auf Ihre jetzt richtiger erkannte Darstellung selbst schon wesentlich in meinem letzten Schreiben von der Stelle an eingegangen: „Meinerseits rechne ich im Sinne der schon früher eingeschlagenen Betrachtungsweise so“, — ich habe aber auf Grund eben dieser uns gemeinsamen Betrachtungsweise Einwände sachlicher Natur erhoben, die ich von Ihnen noch nicht widerlegt, ja nicht eigentlich berücksichtigt finde. Nun vermute ich wohl, und könnte Ihnen dies eben nicht verdenken, dafs Sie, nachdem Sie den Irrtum meiner eingangs gemachten Opposition eingesehen, die weitern Betrachtungen keiner näheren Erwägung unterzogen haben; aber die darin enthaltenen Einwände gegen die Beweiskraft des TARCHANOFFschen Versuches für die innere Schwelle bestehen nach wie vor, und ich könnte in dieser Beziehung nur wiederholen, was ich schon in meinen letzten und den vorgängigen Schreiben gesagt, und auch jetzt noch nicht klarer zu sagen wüfste, indes ich allerdings bedaure, durch die Eingangsopposition meines letzten Schreibens die Streitfrage viel mehr verwirrt als geklärt zu haben. Streichen Sie also dieselbe und fassen das Übrige ins Auge.

Sie halten Ihrerseits die Frage durch Experimente entscheidbar, und ich freue mich, dafs Sie solche darüber in Aussicht stellen; Resultate von Interesse werden gewifs dabei herauskommen; aber dafs eine Entscheidung der Frage selbst dadurch wird zu erlangen sein, glaube ich vorläufig noch nicht, weil ich nicht weifs, wie die Punkte, auf die es dabei ankommt, sicher dadurch entscheidbar sein sollten. Sollte es sich aber anders finden, um so besser.

Mit vorzüglicher Hochachtung

der Ihrige

H. FECHNER.

Über die Aufgaben der Psychophysik.

I.

Nachdem ich soeben ein neues Buch über Psychophysik „*Revision der Hauptpunkte der Psychophysik*“ (Leipzig, Breitkopf und Härtel) fertig gebracht, und mich darin noch einmal um dies und das in dieser Lehre mit Fachleuten müde gestritten, ist mir der Gedanke gekommen, zur Erholung einen kleinen, jedenfalls im Verhältnis zur Ausdehnung des Gegenstandes kleinen, friedlichen Vortrag über das Was der Lehre vor einem gröſseren Publikum zu halten, welches unstreitig seit etwa 1860 den Namen Psychophysik mitunter in der Luft hat schwirren hören, ohne aus dem Namen etwas anderes herauszuhören, als, es möge ein centaurisches Gebilde von Psychologie und Physik sein. Auch ist das in demselben Sinne richtig, als der Mensch selbst ein solches Gebilde aus zwei heterogenen Wesen, Leib und Seele ist. Denn während die Physik und Physiologie bloſs von der einen, der körperlichen Seite, die Psychologie bloſs von der anderen, der psychischen oder geistigen Seite des Menschen handeln, hat die Psychophysik die Aufgabe, beide Seiten in ihrem gegenseitigen Zusammenhange zu betrachten.

Aber, sagt man, wozu erst eine neue Lehre? Ist nicht etwa bloſs der Name davon neu? Kann nicht jeder Gebildete in der Anthropologie das Nötige von den Beziehungen zwischen Leib und Seele erfahren, indes die Philosophie für tiefsinnigere Betrachtungen sorgt? ja, besteht nicht der Hauptunterschied zwischen den Hauptrichtungen der Philosophie in der Verschiedenheit der Gesichtspunkte, aus denen sie die Grundbeziehung zwischen materiellem und geistigem Prinzip, hiemit aber auch zwischen Leib und Seele, fassen?

Es ist wahr; aber dasselbe Objekt läſst sich noch verschieden behandeln, derselbe Weg in verschiedener Richtung gehen; und so gilt das auch von der Psychophysik gegenüber der Philosophie hinsichtlich ihres gemeinsamen Objekts. In der Philosophie handelt es sich um Ideen und Begriffe, in der Psychophysik um Maſse und Gesetze; jene schreitet von oben nach unten, diese von unten nach oben vor; die Ausgangspunkte beider liegen sogar ganz auseinander; und erst im Aufsteigen der Psychophysik zu ihren höheren Zielen findet eine

Begegnung derselben mit der Philosophie statt, bei der es wegen der verschiedenen Gesichtspunkte und des entgegengesetzten Ganges beider ohne Konflikt nicht abgeht. Darüber liefse sich noch viel Allgemeines vorreden; aber lieber beginne ich gleich mit einfachsten Beispielen der Aufgaben, womit die Psychophysik selbst begonnen hat. Es sind nicht Denkaufgaben, sondern fast spielig scheinende Versuchsaufgaben, die aber im Verfolg auch zu Denkaufgaben führen werden, indes die Philosophie mit den höchsten Denkaufgaben anfängt.

Jedermann weifs, dafs die Fingerspitze oder Kuppe das feinste Tastgefühl unter allen Hautstellen (die Zungenspitze etwa ausgenommen) hat; aber wenn es leicht ist, zu sagen, dafs ein Stück Band oder Zeug noch einmal so lang ist, als das andere, man braucht blofs die Elle anzulegen, ist es nicht ebenso einfach zu sagen, wie vielmal feiner das Tastgefühl an einer Stelle der Haut als an der anderen ist, denn wo ist die Elle dazu? Nun, die Psychophysik giebt eine Art Elle dazu, die jeder leicht anlegen kann. Nimm einen Zirkel, öffne ihn bis zu einer gemessenen Spannweite von etwa zwei oder drei Linien und setze ihn mit diesem Spitzenabstande quer auf die Kuppe des Zeigefingers auf, so wirst du einen gewissen Abstand der Spitzen empfinden. Wenn du aber denselben oder einen gleichen Zirkel mit einem gleichen Spitzenabstand auf die Mitte der Stirn aufsetzest, so wirst du einen viel kleineren Abstand empfinden, oder es wird dir gar vorkommen, als ob der Abstand ganz verschwunden wäre. Inzwischen brauchst du den Spitzenabstand auf der Stirn nur immer mehr zu vergröfsern, so wird er dir endlich eben so grofs als der kleinere Spitzenabstand auf der Fingerkuppe erscheinen, und du wirst finden, dafs er auf der Stirn ungefähr noch einmal so grofs als auf der Fingerkuppe sein mufs, um eben so grofs zu erscheinen, wonach man sagen kann, die Fingerkuppe habe ein noch einmal so feines Tastgefühl, als die Stirn, weil diese den doppelten Raum braucht, um den Eindruck einer gleichen Gröfse zu erhalten, als die Fingerkuppe.

Es leuchtet ein, dafs man auf dieselbe Weise die Feinheit des Tastgefühles, oder was ich mit einem nur gelehrteren Namen die „extensive Empfindlichkeit der Haut“ nenne, nicht nur an Fingerkuppe und Stirn, sondern an allen Teilen der Haut vergleichen und so eine Skale der Empfindlichkeit für die ganze

Hautoberfläche gewinnen, auch diese Skale auf der Oberfläche eines Körpermodells wie auf einer Karte verzeichnen kann, worin die Namen der Ortschaften durch die Gradzahlen der Empfindlichkeit oder deren umgekehrte Werte vertreten werden, wie dies wirklich von VIERORDT (zwar nicht auf Grund des vorigen, aber eines zu gleichem Zwecke führenden Verfahrens) in der fünften Auflage seines Grundrisses der Physiologie, S. 344, geschehen ist.

Die vorige Methode, Grade der Hautempfindlichkeit zu vergleichen, ist von mir unter dem Namen der „Methode der Äquivalente“ beschrieben worden. Aber man sieht leicht ein, dafs, wenn schon sie das Mittel gewährt, diese Grade für alle Teile der Haut desselben Menschen zu vergleichen, sie doch nicht in den Stand setzt, solche für verschiedene Menschen zu vergleichen. Man kann aber fragen, ob Kinder an denselben Hautteilen ein gleich feines Tastgefühl haben, als Erwachsene, da die Haut sich einerseits mit dem Wachstum ausdehnt, andrerseits das Tastgefühl sich im Laufe des Lebens übt, ferner, ob das Tastgefühl an den Fingerspitzen sich nicht bei Blinden feiner als bei Sehenden findet, ob es im Rausche oder in der Hypnose noch dasselbe bleibt u. s. w. Gesetzt nun, ich setze einen Zirkel mit einer gewissen Spannweite auf die Stirn eines Menschen und einen anderen mit derselben Spannweite auf die Stirn eines anderen Menschen, wie wollen beide die Distanzempfindung, die sie davon haben, miteinander vergleichen? Aber die Psychophysik überwindet diese Schwierigkeit durch eine andere Methode, die Methode der sogen. „eben merklichen Unterschiede“, welche insofern noch allgemeiner als die vorige ist, als sie deren Leistungen weit unter sich begreift, d. h. auch zum Vergleich der Hautempfindlichkeit für verschiedene Teile desselben Menschen dienen kann. Es ist die Methode, von welcher in den Händen E. H. WEBERS die ganze Psychophysik den Ausgang genommen hat. Sie gründet sich auf folgende Bemerkung.

Auf allen Hautteilen findet sich, dafs die beiden Zirkelspitzen unter einer gewissen Distanz garnicht den Eindruck einer Distanz machen, sondern dazu erst bis auf eine gewisse Weite voneinander entfernt werden mufsten; und so kann man ebenso die Feinheit des Tastgefühles bei demselben Menschen für dessen verschiedene Teile, als bei verschiedenen

Menschen für denselben Hautteil nach der Weite des Spitzenabstandes vergleichen, welcher dazu gehört, den Abstand eben merklich werden zu lassen, und hat die Feinheit des Tastgefühles oder die extensive Empfindlichkeit diesem Abstande umgekehrt proportional zu setzen.

Mit derselben Methode läſst sich aber auch vom Tastsinne zu anderen Sinnen übergehen. Nehmen wir z. B. den Gehörsinn. Die Feinheit des Gehörs ist bei verschiedenen Menschen auſserordentlich verschieden, und bei den meisten Menschen hört auch ein Ohr feiner als das andere. Für den Gehörarzt aber ist es selbst von praktischem Nutzen, die Grade der Fein- und Schwerhörigkeit vergleichend feststellen zu können. Und das wird nun auch dadurch geschehen können, daſs er nach der Methode der „eben merklichen Unterschiede“ untersucht, wie stark in den verglichenen Fällen der objektiv gemessene äuſsere Schall sein muſs, um nur eben gehört zu werden. Jeder Gehörarzt wendet ohnehin ein prinzipiell hierauf herauskommendes Verfahren zur Beurteilung der verschiedenen Grade der Schwerhörigkeit an, das ihm praktisch genügt, und die Psychophysik giebt nur Regeln an die Hand, es genauer, für Erlangung bestimmter Maſswerte und für Ermittelung bestimmter Gesetze anzustellen, als es gemeinhin aus bloſs praktischem Interesse geschieht.

Endlich noch das Beispiel einer dritten Methode in Anwendung auf das Augenmaſs, d. i. die sogen. „Methode der mittleren Fehler“.

Man befestige einen Maſsstab, der in Zolle und Linien oder Centimeter und Millimeter geteilt ist, ungefähr in der Augenhöhe in horizontaler Lage und lasse von ihm drei Fäden parallel herabhängen, die durch Gewichte am Ende gespannt erhalten werden, so aber, daſs sie sich längs des Maſsstabes verschieben lassen, um dadurch verschiedene Abstände zwischen den Fäden erzeugen zu können. Man bringe nun die zwei seitlichen Fäden, rechts oder links, auf einen gewissen, am Maſstabe sich von selbst messenden, Abstand voneinander, d. i. auf die sogen. Normaldistanz, und verschiebe hienach den dritten so lange, bis sein Abstand vom nächsten Faden, d. i. die sogen. Fehldistanz, nach dem Augenmaſs ebenso groſs erscheint, als die Normaldistanz, mithin der mittlere Faden die Mitte zwischen den zwei äuſsersten Fäden einzunehmen scheint. Sieht man

aber näher zu, so wird man am Maſsstabe finden, daſs man im allgemeinen dabei einen Fehler begangen hat, indem die Fehldistanz sich etwas gröſser oder etwas kleiner als die Normaldistanz findet, einen Fehler, der auf Rechnung des nicht vollkommenen Augenmaſses zu schreiben ist. Man wiederhole denselben Versuch sehr oft, wobei man bald gröſsere, bald kleinere Fehler finden wird, im Durchschnitt aber um so gröſsere, je schlechter das Augenmaſs ist, zeichne alle Fehler auf und ziehe endlich (ohne Rücksicht auf das Vorzeichen derselben) einen Durchschnitt oder ein Mittel aus allen Fehlern. Je gröſser der mittlere Fehler, um so schlechter das Augenmaſs; und man kann nun wieder sagen: die Person, welche unter sonst gleichen Umständen einen bloſs halb so groſsen mittleren Fehler begeht, hat ein doppelt so gutes Augenmaſs.

Dabei kann man die interessante Bemerkung machen, daſs die Gröſse des mittleren Fehlers, abgesehen von der Verschiedenheit der Personen, mit der Gröſse der Normaldistanz in Proportion wächst, also bei einer doppelten oder dreimal so groſsen Normaldistanz doppelt oder dreimal so groſs ausfällt. Nach einem Durchschnitt aus Versuchen mit verschiedenen Personen beträgt er etwa $^1/_{100}$ der Normaldistanz. Damit hängt zusammen, daſs man bei Abzeichnung einer groſsen Figur zwar gröſsere Fehler begeht, als bei Abzeichnung einer kleinen, indem die Fehler im Verhältnis zu den Dimensionen der Figuren wachsen, daſs aber die groſse Figur doch eben so richtig gezeichnet erscheinen kann, als die kleine, weil die Fehler wegen des gleichen Verhältnisses zu den Dimensionen der Figuren bei der groſsen Figur nicht merklicher erscheinen, als bei der kleinen.

Ich habe die vorigen Methoden unter Übergehung einiger anderer, demselben Zweck dienender Methoden nur so beschrieben, daſs das Prinzip derselben ins Licht tritt. Sollen sie freilich genau ausgeführt werden, so bedarf es vieler Rücksichten und Vorsichten dabei, auf deren Anführung hier verzichtet ist, sonst können Ungenauigkeiten durch Mangel an Vergleichbarkeit der Umstände, durch zufällige und konstante Fehler entstehen.

In der Ausarbeitung der vorigen Methoden und vergleichenden Durchführung derselben durch die verschiedenen Sinnesgebiete, sowie Verschiedenartigkeit der Subjekte, bietet sich nun

schon der Psychophysik ein weites und bisher bei weitem nicht erschöpftes Feld von Aufgaben dar, wozu noch die Kontrastempfindungen, die Verhältnisse des normalen und abnormen Farbensehens, die Zeitverhältnisse in Auffassung und Nachdauer von Reizeinwirkungen u. s. w. Ansprüche an die psychophysische Untersuchung machen.

Oft sind junge Leute in Verlegenheit, ein Thema der Untersuchung für ihre Inauguraldissertation zu finden; die vorigen Methoden und Untersuchungsgegenstände aber bieten noch viele Themata dazu dar, die des Bearbeitens warten und deren Bearbeitung an sich nicht schwierig ist, nur Aufmerksamkeit, Genauigkeit und viel Geduld erfordert, weil zum Gewinn sicherer Resultate von mehr als blofs partikulärer Bedeutung im allgemeinen eine grofse Zahl von Beobachtungen unter variierten Umständen gehört. Dazu gilt es freilich, die Psychophysik erst etwas studiert zu haben, um zu wissen, wo es noch fehlt und wie den Aufgaben beizukommen; am besten aber ist es, sich hierin einer geeigneten Führung anzuvertrauen. Und so sind in den physiologischen Instituten von Professor Vierordt in Tübingen und Professor Wundt in Leipzig immer solche Untersuchungen von Schülern derselben unter Oberleitung ihrer Lehrer mit den dazu gebotenen Apparaten im Gange, welche später als Doktordissertationen erscheinen und der Psychophysik irgend welchen Zuwachs bringen.

So viel Interesse aber auch den vorigen Aufgaben an sich selbst beiwohnt, sind sie doch für die Psychophysik sozusagen nur die breite Basis einer viel höheren und wichtigeren Aufgabe, das ist der Auffindung von Gesetzen. Nun giebt es manche psychophysische Gesetze von verhältnismäfsig untergeordnetem und partikulärem Charakter; die lasse ich hier beiseite, um nur die zwei wichtigsten und allgemeinsten, an Folgerungen fruchtbarsten, hervorzuheben, auf welche die Beobachtungen und Versuche geführt haben. Das eine ist das sogenannte Gesetz der Schwelle, welches man schon aus Erfahrungen des täglichen Lebens abstrahieren kann, nur dafs es hier nicht die Beachtung findet, die es im Zusammenhange der Psychophysik verdient und gewinnt, wie denn schon die Methode der eben merklichen Unterschiede sich darauf gestützt hat; es ist das Gesetz, dafs jede äufsere Anregung, jeder Reiz, nicht minder jeder Unterschied zwischen zwei Anregungen oder Reizen eine

gewisse Gröſse oder Stärke, die Schwelle, übersteigen muſs, um erkannt zu werden. Je nachdem es die Erkenntnis eines einfachen Reizes oder des Unterschiedes zweier Reize betrifft, hat man dann die einfache Reizschwelle oder die Unterschiedsschwelle.

Beispiele der ersten gewähren uns Thatsachen wie folgt. Mag eine Substanz noch so bitter schmecken, in homöopathischer Verdünnung schmeckt niemand etwas davon. Die Luft ist stets mit Gerüchen und Geräuschen aller Art erfüllt, doch scheint uns die Luft rein und still, so lange die Stärke der Gerüche, der Geräusche nicht eine gewisse Grenze, die Schwelle, übersteigt; wenn eine Raupe im Walde nagt, hören wir es nicht, wenn allgemeiner Raupenfraſs ist, hören wir es, weil die Schwelle damit überstiegen wird.

Beispiele der zweiten Schwelle, der Unterschiedsschwelle andererseits, gewähren uns Thatsachen folgender Art. Ob zu einem Gerichte ein Körnchen Zucker oder Salz mehr oder weniger hinzugefügt wird, macht im Geschmack keinen erkennbaren Unterschied. Gewiſs ist, daſs der Schall, der aus gröſserer Entfernung gehört wird, schwächer zum Ohre gelangt, als der aus gröſserer Nähe gehört wird, doch scheint der eine Schall uns so stark als der andere, so lange nicht der Entfernungsunterschied und mithin der Stärkeunterschied zwischen beiden für das Ohr eine gewisse Grenze, die Unterschiedsschwelle, überschreitet.

Ein besonders frappantes und instruktives Beispiel der Unterschiedsschwelle — obwohl es merkwürdigerweise niemanden frappiert noch belehrt, wenn es nicht seitens der Psychophysik geschieht — bietet uns der Himmel an jedem heiteren Tage dar. Mag man die Augen noch so sehr anstrengen, man wird keinen Stern am heiteren Himmel entdecken; und doch ist dessen Helligkeit an jeder Stelle, wo ein Stern steht, durch dessen ganze Helligkeit — die des Sirius aber ist doch nicht klein — gegen die Umgebung vermehrt; wir spüren den Unterschied nur nicht, weil er zu klein ist, weil er die Unterschiedsschwelle nicht erreicht. Auch hängt dies nicht etwa daran, daſs die Sterne selbst zu klein erscheinen; denn wenn die Tageshelligkeit sich mindert, es dämmert oder gar Nacht wird, hebt jeder Stern sich nach seiner gröſseren Helligkeit eher und stärker von der Umgebung ab. Warum? Weil hiebei folgende Neben-

bestimmung des Gesetzes sich geltend macht. Je mehr die Stärke des Reizes, gegen welchen der Unterschied besteht, diesfalls die Helligkeit des Himmels, herabsinkt, desto mehr sinkt die Unterschiedsschwelle herab; und so kann derselbe Stern, der von einem hellen Himmel nicht unterschieden werden kann, doch von einem dunkeln unterschieden werden, indem der Unterschied die niedriger gewordene Schwelle überschreitet. Aus demselben Grunde hebt sich die Stimme eines einzelnen Menschen vom allgemeinen schwachen Tagesgeräusch deutlich ab, indes sie im Getöse eines nahen Wasserfalles oder im Gebrause einer aufgeregten Volksmenge ununterscheidbar untergeht.

Das zweite fundamentale Gesetz der Psychophysik habe ich nach dem Forscher, der es zuerst in einer gewissen Allgemeinheit ausgesprochen und bewährt hat, E. H. WEBER, das WEBERsche Gesetz genannt. Es ist nicht so einfach wie das vorige zu beweisen, sondern erfordert sorgfältige Versuche. Zur Einleitung seines Ausspruches folgende Bemerkung.

Wenn zwei Empfindungsreize, als wie zwei Lichter, zwei Schalle, sich beide ihrer Stärke nach verdoppeln, so verdoppelt sich auch ihr Unterschied damit. Denn sei z. B. der eine Reiz seiner Stärke nach durch 1, der andere durch 2 gemessen, mithin ihr Unterschied 1, und verdoppeln sich beide, so daſs der eine 2, der andere 4 wird, so ist damit auch der Unterschied beider verdoppelt, indem er von 1 auf 2 steigt. Man könnte nun meinen, damit müſste auch der Unterschied für die Empfindung doppelt so groſs erscheinen, oder, nach einem kurzen Ausdrucke, der doppelt so groſse Reizunterschied müſste eine doppelt so groſse Unterschiedsempfindung geben, jedenfalls sich dieselbe damit verstärken. Aber das ist nach dem WEBERschen Gesetze nicht der Fall, sondern, wenn im Sinne des vorigen Beispiels das Verhältnis zweier Reize bei ihrer Verstärkung oder Schwächung dasselbe bleibt, so bleibt sich trotzdem, daſs der objektive Unterschied damit wächst oder abnimmt, die Empfindung des Unterschiedes gleich oder erscheint der Unterschied weder gröſser noch kleiner geworden; kurz, das gleiche Verhältnis zweier Reize übersetzt sich nach dem WEBERschen Gesetze, sozusagen, in einen gleichen Unterschied für die Empfindung.

Es giebt manche Wege, dieses merkwürdige Gesetz zu konstatieren; am einfachsten hält man sich dabei an die

Methode der eben merklichen Unterschiede. Zum Beispiel: man mache auf weifsem Papier eine gleichformige Tuschschattierung, die so schwach ist, dafs sie sich nur eben merklich vom Grund unterscheidet. Darauf nehme man ein graues Glas vor die Augen, wie man es wohl jetzt bei jedem Optikus findet, welches vom Licht nur einen gewissen Verhältnisteil, sagen wir ein Fünftel oder ein Sechstel, durchläfst. Hierdurch reduziert sich der objektive Lichtunterschied auch auf ein Fünftel oder ein Sechstel, und da er vorher nur eben merklich war, sollte man meinen, er müsse hiemit ganz unmerklich werden; aber er erscheint noch eben so deutlich als zuvor. Bis zu gar zu dunkeln oder gar ganz schwarzen Gläsern darf man freilich den Versuch nicht fortsetzen, weil dann ein das Gesetz störender Nebenumstand in Rücksicht kommt. Statt der Tuschschattierung auf Papier kann man übrigens zu demselben Versuche bei stillem Wetter auch zwei benachbarte Wolkennüancen, die sich nur eben merklich unterscheiden, anwenden, wie man solche oft am Himmel findet.

Der Himmel ist überhaupt ein günstiges Beobachtungsfeld für die Psychophysik, und so hat das Webersche Gesetz, sogar noch ehe es eine Psychophysik als besondere Lehre gegeben, folgende sehr interessante Bewährung am Himmelsgewölbe gefunden. Seit alters unterscheiden die Astronomen die Sterne nach der sogenannten Gröfse, vielmehr Helligkeit, in Sterne erster, zweiter, dritter Gröfse u. s. f. in der Art, dafs für die Empfindung der Helligkeitsunterschied von der ersten zur zweiten Klasse ebenso grofs wie von der zweiten zur dritten Klasse ist u. s. f. Als man nun später auch die objektive oder physische Helligkeit der Sterne, welche ein Mafs ihrer Art hat, verglichen hatte, hat sich gezeigt, dafs das Verhältnis der physischen Helligkeiten zwischen der ersten Klasse ebenso grofs ist, als zwischen der zweiten u. s. f., dafs also dem subjektiven Helligkeitsunterschiede das objektive Verhältnis entspricht. Jede Gröfsenklasse ist nämlich ungefähr $2\frac{1}{2}$ mal so lichtstark als die folgende.

Das Webersche Gesetz gilt aber keineswegs blofs im Gebiete der Lichtempfindung, vielmehr ist wahrscheinlich, dafs es prinzipiell ein allgemein giltiges für alle Sinnesgebiete ist; doch ist zuzugestehen, dafs es in den Versuchen darüber im allgemeinen mit gewissen Abweichungen auftritt, die sich doch

teils mit Sicherheit, teils Wahrscheinlichkeit auf Nebenumstände und Komplikationen schieben lassen, und noch sind die Bearbeiter der Psychophysik damit beschäftigt, die Grenzen der experimentalen Giltigkeit des Gesetzes in den verschiedenen Gebieten zu erforschen, die Gründe der Abweichungen zu ermitteln und solche möglichst durch die Anordnungs- und Berechnungsweise der Versuche zu eliminieren. Es geht nämlich der Psychophysik mit dem WEBERschen Gesetze wie der Physik mit dem Fallgesetze. Nur im ganz luftleeren Raume tritt das Fallgesetz für das Experiment ganz rein auf; der Dampf und der Luftballon erheben sich sogar demselben entgegen in die Höhe. Doch geschieht das blofs wegen Komplikation des Gesetzes mit Nebenursachen, die dasselbe nicht aufheben, sondern sich nur mit seinen Wirkungen zusammensetzen und dadurch dasselbe mehr oder weniger verstecken oder unter Umständen gar überwiegen können. Ähnlich mit dem WEBERschen Gesetze in der Psychophysik. Verhältnismäfsig am reinsten hat es sich bisher im Gebiete des Augenmafses und des Schalles bewährt.

Hienach komme ich auf eine dritte Aufgabe in der Psychophysik, die sich wieder auf die Ergebnisse der vorigen stützt und insofern als eine höhere angesehen werden kann. Die erste Aufgabe galt dem Mafse der Empfindlichkeit, die folgende bezieht sich auf das Mafs der Empfindung, welches nicht mit dem Mafse der Empfindlichkeit verwechselt werden darf, wozu folgende Vorbemerkung.

Dafs eine Lichtempfindung, Schallempfindung stärker als die andere sein kann, weifs jeder; die unmittelbare Empfindung lehrt es; aber das giebt noch kein Mafs der Empfindung, sondern dazu gehört, sagen zu können, wie vielmal so stark eine Empfindung als eine andere, ihr gleichartige, sei, oder wenn man eine Empfindung von gegebener Stärke als Einheit unterlegt, sagen zu können, in welchem Verhältnisse die Stärke jeder anderen ihr gleichartigen Empfindung dazu steht. Man hat früher gemeint, ein solches Mafs gebe es nicht; und in der That kann man eine Empfindung nicht über eine andere legen, wie man ein Stück Zeug über das andere, oder wie man eine Elle darüber legt, um zu sehen, wie vielmal man sie darüber legen kann, um dadurch das Mafs zu erhalten. Aber die Psychophysik ersetzt den Mangel eines solchen direkten

Maſses durch ein indirektes, was sich an das Maſs der Empfindlichkeit anschlieſst, ohne, wie gesagt, damit verwechselt werden zu dürfen.

Bei dem Maſse der Empfindlichkeit nämlich handelte es sich darum: wie groſs muſs bei verschiedenen Menschen oder verschiedenen Teilen desselben Menschen die äuſsere Anregung, der Reiz oder Reizunterschied sein, um denselben Eindruck zu machen? und die Empfindlichkeit galt umgekehrt proportional der Gröſse des Reizes oder Reizunterschiedes, welche dazu gehörte. Bei dem Maſse der Empfindung hingegen fragt sich: in welchem Verhältnisse wächst die Empfindung eines Reizes, wenn der Reiz in gegebenem Verhältnisse wächst? Haben wir hiefür ein Gesetz oder eine Formel, so können wir dann aus den Verhältnissen des Reizes auf die Verhältnisse der dadurch ausgelösten Empfindung schlieſsen, und so den Reiz indirekt als Elle für die Empfindung brauchen.

Das wäre sogar ganz einfach, wenn wir wüſsten, daſs die Empfindung in demselben Verhältnisse wächst, wie der Reiz, durch den sie erweckt wird, indem das Wievielmal des Reizes zugleich den Maſsstab für das Wievielmal der dadurch erweckten Empfindung gäbe; aber nicht nur läſst sich nicht von vornherein behaupten, daſs es so ist, sondern einfache Thatsachen, wie folgt, beweisen, daſs es nicht so ist.

Wenn man ein Licht in ein ganz finsteres Zimmer bringt, so empfinden wir, daſs es hell geworden ist. Bringen wir ein zweites, physisch gleich helles Licht hinzu, so hat sich der äuſsere Lichtreiz verdoppelt; auch empfinden wir, daſs sich die Helligkeit verstärkt hat; aber, ohne noch ein Maſs der Empfindung zu haben, sagt sich doch jeder nach dem unmittelbaren Eindruck, den er empfängt, daſs es nicht noch einmal so hell geworden ist als vorher, oder, anders ausgedrückt, daſs durch Hinzubringung des zweiten Lichtes zum ersten die Helligkeit nicht um ebensoviel gewachsen ist, als durch Hinzubringung des ersten Lichtes zur Finsternis. Und ebenso scheinen uns drei Lichter das Zimmer nicht dreimal so hell zu machen als ein Licht; ja, wenn das Zimmer schon durch sehr viele Lichter erhellt ist, ruft das Hinzubringen noch eines Lichtes mehr nach der obangeführten Bestimmung des Gesetzes der Unterschiedsschwelle keine merkliche Verstärkung der Helligkeitsempfindung hervor. Kurz, das Wachstum der Em-

pfindung kommt dem Wachstum des äuſseren Reizes nicht nach. Mit anderen Reizen als dem Lichtreize ist es entsprechend. So hat man, wie ich von einem Musiker erfahren, bei dem Rheinischen Sängerfeste die Bemerkung gemacht, daſs ein Chor von 400 Männerstimmen garnicht bedeutend stärker klingt als ein solcher von 200.

Wenn nun die Empfindung dem Reize nicht proportional wächst, wie soll man finden, nach welchem Verhältnisse sie damit wächst?

Das erfahren wir nun zwar durch das WEBERsche Gesetz und Schwellengesetz nicht unmittelbar, wohl aber ergiebt sich als eine mathematische Folgerung dieser Gesetze, daſs die Empfindung in demselben Verhältnisse mit dem Reize ansteigt, wie ein Logarithmus mit der Zahl ansteigt, zu der er gehört. Auch braucht man sich nur zu erinnern, um dies zu verstehen, daſs gleiche Unterschiede der Logarithmen ebenso von gleichen Verhältnissen der Zahlen abhängen, wie gleiche Unterschiede der Empfindungen von gleichen Verhältnissen der Reize. Die Logarithmen bleiben im Wachstum ebenso hinter den Zahlen zurück, wie die Empfindungen hinter den Reizen; der Schwellenwert des Reizes aber, von dem an die Empfindung erst anfängt, merklich zu werden, wird im logarithmischen System durch die 1 vertreten, oberhalb deren der Logarithmus erst positive Werte annimmt. Man merke aber wohl, es ist nicht Analogie, wodurch sich diese Übereinstimmung ergiebt, sondern strenge mathematische Ableitung aus obigen Gesetzen, woraus sie folgt. Die logarithmische Beziehung zwischen Empfindung und Reiz, wovon das Maſs der Empfindung abhängt, läſst sich hienach in eine einfache Formel, die sogenannte Maſsformel, aufnehmen, welche eine leichte Handhabung des Maſses gestattet. Insofern jedoch empirische Abweichungen von der Giltigkeit des WEBERschen Gesetzes stattfinden, hat sich das Empfindungsmaſs und die Formel desselben danach abzuändern, nicht in Widerspruch mit dem Prinzip desselben, sondern auf Grund der Anwendung des Prinzips, worauf jedoch hier nicht näher einzugehen.

In jedem Gebiete von Gröſsen ist die Gröſseneinheit willkürlich; man kann z. B. für Längen die Linie, den Zoll, den Fuſs als Einheit nehmen, nur muſs es eben eine Längeneinheit sein. Entsprechend mit der Empfindung. Als Einheit der

Empfindung kann man nicht den Reiz nehmen, dem sie zugehört, sondern die Empfindungseinheit mufs selbst ein bestimmter Grad der Empfindung sein. Aber man kann als solche die Empfindung nehmen, welche einem Reize zugehört, der den Schwellenwert in einem beliebig angenommenen Verhältnisse übersteigt.

Das so gewinnbare Empfindungsmafs hat zwar keine Wichtigkeit für das praktische Leben; auch für die reine Psychologie kann man ihm eine solche nicht zuschreiben, weil ihr die Mittel, es zu gewinnen, fehlen; desto gröfsere kommt ihm für die Psychophysik zu, welche ein Fundament der Bestimmtheit ihrer Ableitungen darin findet.

Man hat der HERBARTschen psychologischen Mechanik mit Recht vorgeworfen, dafs sie mit psychischen Gröfsen operiere, ohne eine Einheit derselben oder nur den Begriff einer solchen aufstellen zu können. Um diesem Vorwurf zu entgehen, wird sich die psychologische Mechanik, falls es eine solche geben soll, meines Erachtens, nur als Psychophysik, zwar nicht als äufsere, sondern als innere, worauf alsbald zu kommen, konstituieren können, damit freilich eine ganz andere Gestalt als nach HERBART annehmen müssen.

Mit allem Vorigen nämlich stehen wir erst bei der ersten Abteilung der Psychophysik von verhältnismäfsig noch untergeordnetem Interesse, der sogenannten äufseren Psychophysik, worin es sich um das Verhältnis äufserer körperlicher Anregungen oder Reize zu inneren psychischen Thätigkeiten handelt; denn selbst das Empfindungsmafs fufst auf einem solchen Verhältnisse. Aber die äufsere Psychophysik ist, sozusagen, nur das Vorgemach zu der tiefer führenden inneren Psychophysik, in die wir durch folgende Betrachtung als Thür gelangen.

II.

Wenn ein äufserer Reiz eine Empfindung in uns hervorruft, so wirkt er doch nicht unmittelbar von draufsen auf die Seele, sondern ruft in unseren Sinnesnerven und durch Zuleitung von da im Gehirn gewisse Veränderungen, Bewegungen, Thätigkeiten, sagen wir kurz Vorgänge, hervor, von deren Stärke und Art die Stärke und Art der Empfindungen abhängt. Die Frage, wie überhaupt Geistiges von Körperlichem abhängen

könne, welche für die Philosophie ein Hauptinteresse hat, und worein sie sich nicht genug vertiefen kann, bleibt für die Psychophysik zunächst ganz beiseite; sie hält sich an die Thatsachen der Abhängigkeit und sucht die Gesetze derselben. Insofern nun überhaupt psychische Vorgänge in einem unmittelbaren Verhältnis der Bedingtheit zu inneren körperlichen stehen, sage ich, daſs sie von denselben getragen werden, und nenne diese körperlichen Vorgänge, von denen sie getragen werden, psychophysische. Und die erste Aufgabe der inneren Psychophysik, wodurch sie sich an die äuſsere anschlieſst, gilt nun der Frage, wie sich die von auſsen erweckten psychophysischen Vorgänge, an denen die sinnlichen Empfindungen hängen, von denen sie getragen werden, zu den Empfindungen selbst verhalten, wobei die Frage, ob über die sinnlichen Empfindungen hinaus noch eine Abhängigkeit geistiger Vorgänge von körperlichen stattfindet, ob sie überhaupt eine psychophysische Unterlage haben, vorerst dahingestellt bleibt.

Nun freilich treten wir mit dem Übergange von der äuſseren Psychophysik zur inneren in ein Feld von Schwierigkeiten, die der äuſseren noch fremd waren. In der äuſseren Psychophysik können wir sowohl die inneren psychischen Vorgänge als auch die äuſseren physischen Vorgänge, von denen sie abhängen, direkt beobachten; aber in der inneren fehlt uns direkte Beobachtung der psychophysischen Vorgänge und sind wir auf Schlüsse angewiesen, die mehr oder weniger unsicher sein können; doch sind wir hinsichtlich der Basis dieser Schlüsse nicht verlassen, indem uns die äuſsere Psychophysik selbst eine solche bietet. Man kann von Ursachen auf Folgen schlieſsen; die psychophysischen Vorgänge aber, die den von auſsen angeregten Empfindungen unterliegen, sind Folgen äuſserer Vorgänge, die in ein Organ hineinwirken, von dessen Bau und Funktionen wir bis zu gewissen Grenzen durch Anatomie und Physiologie belehrt sind; und wären unsere Erkenntnisse nach beider Hinsicht vollständig, so hätten wir darin sogar prinzipiell die vollständigen Unterlagen zum Erfahrungsschlusse. Das ist nun nicht der Fall; aber nehmen wir alles zusammen, was zur Begründung und Sicherstellung desselben bis jetzt zu Gebote steht, wie es in den „*Elementen der Psychophysik*“ und meinem neuen Buche geschehen ist, so werden wir zunächst als mindestens vorwiegend wahrscheinlich folgende Punkte aufstellen

können: erstens, daſs, sowie die äuſseren Anregungsmittel der Gesichts- und Gehörsempfindungen, Licht und Schall, auf Schwingungen beruhen, dies auch von den, durch sie hervorgerufenen psychophysischen Vorgängen gilt, ja, daſs die psychophysischen Vorgänge überhaupt diesen Charakter tragen, da die Einrichtung des Nervensystems und Gehirns zu nichts anderem zu passen scheint, und Schwingungen besonders geeignet erscheinen, je nach ihrer Schnelligkeit, Weite, Form, Zusammensetzung die verschiedensten Modifikationen psychischer Vorgänge zu unterbauen; zweitens, daſs die Reize eine ihnen proportionale psychophysische Erregung auslösen, insofern nicht Störungen besonderer Art eintreten, drittens, daſs demgemäſs das Webersche Gesetz und das Gesetz der Schwelle sich von der äuſseren in die innere Psychophysik, vom Reiz auf die psychophysische Erregung übertragen lassen; und viertens, daſs die Störungen, denen das Webersche Gesetz in der äuſseren Psychophysik unterliegt, weil die Beziehung zwischen Reiz und Empfindung nur eine vermittelte ist, für die unmittelbare Beziehung zwischen der Empfindung und der unterliegenden psychophysischen Erregung wegfallen, also die Giltigkeit des Gesetzes hiefür eine reine und fundamentale ist. Hiernach gibt es zur äuſseren auch eine innere Schwelle, d. h. die psychophysische Erregung muſs so gut als der Reiz erst eine gewisse Grenze, die Schwelle, übersteigen, ehe eine merkliche Empfindung eintritt, und die Empfindung nimmt nicht im einfachen Verhältnis der psychophysischen Erregung zu, sondern hängt nach logarithmischem Verhältnis davon ab.

Aber man kann nicht leugnen, daſs noch eine andere Auffassung des Sachverhalts möglich ist, die sogar aus gewissem Gesichtspunkte und für den ersten Anblick wahrscheinlicher erscheinen kann; und während die vorige, die ich selbst vertrete, als „psychophysische“ in engerem Sinne gilt, wird die folgende als „physiologische“ bezeichnet. Hiernach gibt es keine innere Schwelle, sondern die kleinste psychophysische Erregung führt auch schon eine kleinste Empfindung mit, und die Empfindung geht der psychophysischen Erregung proportional; diese aber hängt dafür logarithmisch vom Reize ab. Die äuſsere Schwelle kommt dadurch zu stande, daſs die durch einen schwachen Reiz in den Sinnesnerven erweckte Erregung

in ihrer Fortpflanzung zum Gehirn durch Widerstände erschöpft wird, ehe sie bis zum Gehirn gelangt.

Der Streit zwischen beiden Auffassungen ist wegen der verschiedenen Folgerungen, die sich daraus für die ganze innere Psychophysik ergeben, von gröfster Wichtigkeit, kann aber hier nicht ausgefochten werden; meine Gründe, mich für die psychophysische Auffassung zu entscheiden, habe ich in meinem neuen Buche eingehend dargelegt. Nicht der einzige, aber der wichtigste ist, dafs man für die logarithmische Abhängigkeit zwischen zwei körperlichen Vorgängen, wie Reizvorgang und psychophysischer Vorgang, kein Beispiel hat und kein wahrscheinliches Prinzip aufzustellen vermag. Hier will ich nur hervorheben, „dafs man aus dem Gesichtspunkte der psychophysichen Ansicht eine sehr einfache Repräsentation des unbewufsten geistigen Lebens gewinnt“, was in der Psychologie und neuerdings auch Philosophie eine so grofse Rolle spielt, sofern es durch die psychophysischen Erregungen unter der inneren Schwelle repräsentiert wird, welche nur eines Zuwachses bedürfen, um die Schwelle zu übersteigen und dadurch bewufst zu werden, aber auch durch Sinken unter die Schwelle aufs neue in Unbewufstsein versinken können. Sofern es nach der physiologischen Ansicht keine innere Schwelle giebt, fällt auch für sie diese Repräsentation des unbewufsten Lebens weg.

Über der vorigen Aufgabe und Frage aber erhebt sich nun für die Psychophysik eine allgemeinere Frage, deren Entscheidung entweder ihrer weiteren Untersuchung Grenzen setzt oder ihr den Fortschritt in ein weiteres und höheres Gebiet gestattet, die Frage, ob den geistigen Vorgängen oder psychischen Phänomenen, die sich über den sinnlichen, sozusagen, aufbauen, Erinnnerungen, Phantasien, Gedanken, auch noch psychophysische Vorgänge unterliegen, nach deren Art und Stärke sie sich richten; und zunächst gilt es, die Frage in dieser Hinsicht betreffs der Erinnerungen, welche, sozusagen, im Eingange des höheren geistigen Lebens stehen und das Material dazu bieten [zu beantworten].

Nun sind die meisten Philosophen keineswegs geneigt, die Erinnerungen noch eben so solidarisch an materielle Vorgänge geknüpft zu halten, als die sinnlichen Phänomene, Empfindungen und Anschauungen, aus denen sie erwachsen sind; vielmehr soll die Seele früher gehabte Empfindungen, Anschauungen so-

zusagen aus freier That in Erinnerungen reproduzieren können, und jene nur einen ersten Anlaſs, eine Vorbereitung, eine Vorbedingung dazu bieten, wodurch sich die Produzierbarkeit bestimmter Erinnerungen in den Geist einpflanzt, indes diesem dann die Produzierung derselben nach eigenen ihm immanenten Bedingungen oder aus freier Machtvollkommenheit ohne weitere materielle Mitwirkung überlassen bleibt. Um so weniger ist man philosophischerseits geneigt, den höheren geistigen Vorgängen, die aus den Erinnerungen schöpfen, noch eine psychophysische Unterlage zuzugestehen; ja, man sucht wohl von vornherein den wesentlichen Unterschied zwischen niederen sinnlichen und höheren geistigen Phänomenen darin, daſs jene, aber nicht diese noch psychophysisch bedingt sind; denn wenn schon ein lebendiges Gehirn im allgemeinen dazu gehöre, den Geist ins irdische Leben einzupflanzen, sei doch nicht jeder geistige Vorgang ebenso bestimmt an einen besonderen psychophysischen Vorgang geknüpft, als dies von den sinnlichen Empfindungen gelte. Und *in abstracto* läſst sich alles das gar wohl hören.

Indem aber die Psychophysik, unbeirrt durch philosophischen Apriorismus und Dogmatismus, ihre Wege geht, findet sie, wie ich im ersten Abschnitt des neuen Buches, überschrieben „Über die Tragweite der Psychophysik,“ eingehender besprochen, daſs es den Zusammenhang der Thatsachen verkennen oder zerreiſsen hieſse, den psychophysischen Aufbau nicht über das sinnliche Gebiet hinaus fortgeführt zu denken, kommt vielmehr zu folgendem Schlusse.

So gut die Empfindungen und Anschauungen Folgen in den Geist hinein erzeugen, welche als Erinnerungen in demselben auftreten, erzeugen die psychophysischen Vorgänge, von welchen die Empfindungen und Anschauungen getragen werden, Folgen in das Organ hinein, von welchem unser ganzer Geist diesseitig getragen wird — Folgen, woran sich die Erinnerungen knüpfen; der ungeheuer verwickelte Apparat des Gehirns aber ist dazu da, das ungeheuer verwickelte Spiel der Erinnerungen und ihrer weiteren Folgen zu unterbauen. Und wie die Erinnerungen das Material zu den höheren und verwickelteren geistigen Vorgängen geben, geben die psychophysischen Vorgänge, welche den Erinnerungen unterliegen, das Material zu den höheren, d. h. höhere Verhältnisse einschlieſsen-

den und verwickelteren psychophysischen Vorgängen, welche sich den höheren geistigen Vorgängen unterbauen. So lange überhaupt ein Kausalnexus der Vorgänge jederseits, d. i. physischerseits und psychischerseits, besteht, und ein solcher reifst nie und nirgends ab, besteht auch ein psychophysischer Zusammenhang gegenseits. Die geistigen Ursachen treiben ihre Folgen vor sich her, die physischen nicht minder, und wie beide im Ausgange zusammenhängen, so in allen Folgen. Somit entspricht dem ganzen psychischen System ein ganzes psychophysisches System.

Als leitendes Prinzip in der Entwickelung dieses Systems aber tritt das folgende auf, was ich kurz als Funktionsprinzip bezeichnet habe.

Zwar können wir in keiner Weise aus der Natur der geistigen Bewegungen auf die Natur der unterliegenden körperlichen Bewegungen schliefsen, d. h. schliefsen, welches Substrat und welche Form diesen Bewegungen zukommen, wohl aber schliefsen, um überhaupt eine funktionelle Beziehung zwischen körperlichem und geistigem Gebiete fortzuerhalten, dafs dem psychischen Zusammenhange ein psychophysischer Zusammenhang, der psychischen Auf- und Auseinanderfolge eine psychophysische, der psychischen Stärke, Schwäche eine psychophysische entspreche, soweit das Psychische seine Unterlage im Physischen hat. Sind nun überhaupt die fundamentalsten Beziehungen zwischen physischen und psychophysischen Vorgängen gefunden, worüber freilich noch der obenerwähnte Streit zwischen sogenannter psychophysischer und physiologischer Ansicht besteht, so entwickelt sich das System im Sinne der einen oder anderen Ansicht, unter Führung durch das Funktionsprinzip, sozusagen von selbst weiter.

Im Laufe dieser Entwickelung aber tritt als eines der allgemeinsten und wichtigsten Prinzipe das folgende auf, was ich dem sogenannten monodologischen der Philosophie gegenüber das synochologische nenne.

Das psychisch Einheitliche und Einfache knüpft sich an ein physisch (psychophysisch) Mannigfaltiges, das physisch Mannigfaltige zieht sich psychisch ins Einheitliche, Einfache oder doch Einfachere zusammen. Oder anders: Das psychisch Einheitliche und Einfache sind Resultanten phy-

sischer (psychophysischer) Mannigfaltigkeit, die physische Mannigfaltigkeit giebt einheitliche und einfache Resultanten.

Das psychisch Einheitliche und Einfache aber sind insofern unterschieden, als das Einheitliche selbst noch die Verknüpfung einer unterscheidbaren Mehrheit ist, woraus aber das Bewufstsein der Verknüpfung oder verknüpfende Bewufstsein als etwas identisch Einfaches abstrahierbar ist, wie man es sich in der Einheit des Bewufstseins, der Einheit einer Idee oder eines Begriffes erläutern kann, indes das schlechthin Einfache keine unterscheidbare Mehrheit mehr einschliefst und nur Element für Verknüpfungen, aber nicht selbst mehr Verknüpfung von Einfacherem ist, wozu eine einfache Ton-, Farben-, Geruchsempfindung Beispiele gewähren.

Thatsachen, welche unter dieses Prinzip treten, sind u. a. folgende. Die einfachste Farben- oder Tonempfindung knüpft sich an Vorgänge in uns, die als angeregt und unterhalten durch äufsere Oscillationsvorgänge auch selbst irgendwie oscillatorischer Natur sein müssen, ohne dafs wir etwas von den einzelnen Phasen und Oscillationen unterscheiden. Die unsäglich mannigfaltigen Geruchs- und Geschmacksempfindungen würden sich psychophysisch nicht repräsentieren lassen, wenn wir nicht einfache Resultanten verschieden zusammengesetzter Prozesse darin sehen wollten, welche sich nach dieser Zusammensetzung verschieden qualifizieren. Dem einfachsten Gedankengange liegt nach den zusammengesetzten Anstalten in unserem Gehirn ein sehr zusammengesetzter Prozefs unter. Die identische Einheit unseres Bewufstseins knüpft sich an ein zusammengesetztes körperliches System, und erfahrungmäfsige Gründe, welche im 37. Kapitel meiner „Elemente der Psychophysik“ dargelegt sind, gestatten nicht, dieses blofs als äufsere Hülle eines einfachen Seelensitzes anzusehen.

Inzwischen ist mit all dem die innere Psychophysik noch keineswegs so weit, alle Probleme, die sich in ihr darbieten, lösen zu können; denn findet sie auch den Weg der Fortentwickelung nirgends versperrt, so liegt er doch mehrfach noch im Dunkeln, und indem sie Grenzen der Tragweite *a priori* überhaupt nicht anerkennt, kommt sie in den obigen Konflikt mit der Philosophie, oder, sage ich lieber, mit den jetzt noch vorherrschenden Richtungen derselben. Auch dieser Streit kann hier vielmehr nur angezeigt, als ausgefochten werden. Er

gipfelt seitens der Philosophie in dem Vorwurfe, daſs, wenn die Psychophysik selbst die höchsten geistigen Vorgänge noch für materiell bedingt ansieht, sie hiemit dem Prinzip und den Konsequenzen des Materialismus anheimfalle. Und dieser Vorwurf würde im Rechte sein, wenn die Psychophysik die Richtung, in der sie das Verhältnis der Bedingtheit zwischen Materie und Geist verfolgt, für die allein gültige und allein verfolgbare erklärte, wie es seitens des Materialismus geschieht, aber sie läſst der gegenseitigen Bedingtheit der Materie durch den Geist das gleiche Recht, nur daſs sie es andern Betrachtungen überläſst, diese Gegenseite ihrer selbst zu verfolgen und die Psychophysik dadurch zu ergänzen, und wenigstens meinerseits hat es an solchen Betrachtungen nicht gefehlt. So wenig Empfindungen, Erinnerungen, Gedanken bestehen können ohne die psychophysischen Vorgänge, die ihnen unterliegen, so wenig diese Vorgänge ohne jene Empfindungen, Erinnerungen, Gedanken, und so wenig der ganze diesseitige Geist sich ohne ein lebendiges Gehirn entwickeln kann, so wenig dieses ohne den diesseitigen Geist. In konsequenter Entwickelung dieser Gegenseite aber ergeben sich auch Folgerungen in betreff unserer religiösen Forderungen, welche den Folgerungen des Materialismus entschieden widersprechen; es ist nur eben nicht Sache der Psychophysik, diese Gegenseite zu verfolgen, und so lasse ich mich auch hier nicht darauf ein, nachdem es hinreichend in andern meiner Schriften geschehen ist (s. u. a. „*Die drei Motive und Gründe des Glaubens*“), um nur noch eine allgemeinere Frage nicht sowohl der Psychophysik selbst, als die sich an dieselbe knüpft, zu berühren und mit einigen historischen Notizen zu schlieſsen.

Die Psychophysik kann sich überhaupt nur von Beobachtungen aus entwickeln, welche der Mensch an sich selbst und an andern Menschen machen kann, und ich halte ihre Grenzen durch die Schlüsse vom Menschlichen aus in Rückanwendung auf das Menschliche gezogen. Aber man kann fragen, ob das, was im Gebiete des Menschlichen gefunden ist, nicht Anwendungen darüber hinaus zuläſst, und die Psychophysik findet auf ihrem eigenen Boden Grund, so zu fragen.

Schon in den „Elementen der Psychophysik“ habe ich geltend gemacht, daſs sich keine Grundeigenschaft der psychophysischen Bewegungen in uns finden oder erdenken läſst,

welche einen wesentlichen Unterschied von den, auch aufser uns vorkommenden Bewegungen begründet, wonach kein Grund ist, dafs die Bewegungen über unser Nervensystem hinaus für einen allgemeinern, von der ganzen Welt getragenen Geist nicht ebensogut psychophysische sein sollten, als die Bewegungen in unserem Geist, der dadurch nur in besonderer Weise in das allgemeine geistige Wesen eingepflanzt ist. Dazu ist von andersher mit Recht geltend gemacht worden, dafs, wenn nicht am Elementaren, was der physischen Bewegung in und aufser uns gemeinsam ist, physische Tragkraft hinge, solche durch keine Verwickelung der Bewegungen hervorgehen kann, wozu ich nur noch füge, dafs nach dem synochologischen Prinzip deshalb nicht jedes einzelne, besonders unterscheidbare, materielle Moment ein besonders unterscheidbares psychisches Moment zu tragen braucht, sondern dafs auch über uns hinaus wie in uns selbst einheitliche und einfache geistige Resultanten sich an gröfsere und kleinere Bewegungskomplexe knüpfen können. Kurz es läfst sich denken, dafs die ganze materielle Welt ein psychophysisches System ist, welches einen einheitlichen Geist trägt, dem sich untergeordnete Einheiten, darunter unsere eigenen Seelen, einordnen, wie sich wieder unsern Seelen einheitliche Momente unterscheidbar ein- und unterordnen. Diese Idee ist in einer früheren Schrift von mir „*Zendavesta*“ und in einer neueren „*Die Tagesansicht gegenüber der Nachtansicht*“ ausgeführt, aber ich rechne das vielmehr als Naturphilosophie, denn als Psychophysik, nur dafs sie eine Psychophysik im Hintergrunde hat.

Abgesehen von einigen zerstreuten Anklängen an Psychophysik, womit dieselbe nicht sowohl angefangen hat, als welche ihr vorausgegangen sind, ist als eigentlicher Vater der Psychophysik der schon seit mehreren Jahren der Welt entrissene Professor Ernst Heinrich Weber zu betrachten, indem er nicht nur zuerst auf den Gedanken gekommen ist, dafs sich Mafsbeziehungen zwischen der physischen und psychischen Seite des Menschen finden lassen, sondern auch die Methode der eben merklichen Unterschiede zur Ermittelung von solchen erdacht und in Tast-, Gewichts- und Augenmafsversuchen ausgeführt, dazu das, zwar schon vor ihm nicht ganz unbemerkt gebliebene, von mir nach ihm benannte Gesetz zuerst mit Bestimmtheit und in einer gewissen Allgemeinheit ausgesprochen hat. Die

von ihm aufgestellten Maſsbeziehungen gehen die Empfindlichkeit an, ich habe dazu das Maſsprinzip der Empfindung gefügt, das Versuchsfeld nach einigen Beziehungen erweitert, den Übergang zur inneren Psychophysik genommen und das vorliegende Material der Psychophysik in ein vorläufiges System gebracht, welches im Jahre 1860 unter dem Titel „*Elemente der Psychophysik*“ erschienen ist. Auſserdem ist die Lehre durch Untersuchungen von vielen anderen Seiten gefördert worden, und als besonders belangreich in dieser Beziehung erwähne ich die Einführung der Maſsmethoden der richtigen und falschen Fälle durch VIERORDT und der Methode der übermerklichen Unterschiede durch PLATEAU und DELBOEUF, die voneinander unabhängige Bewährung des WEBERschen Gesetzes in besonderer Reinheit im Gebiete des Schalles durch die, beziehentlich von VOLKMANN, VIERORDT und WUNDT teils selbst angestellten, teils veranstalteten Versuche, und die Untersuchungen über die Empfindlichkeit für Farben, über Farben-Kontraste, und was damit zusammenhängt, seitens HELMHOLTZ und anderer u. s. w.

Aber die Psychophysik ist ein nach noch mehr Beziehungen, als hier zur Sprache gekommen sind, zu schwieriges, dazu noch zu sehr im Anfange der Entwickelung stehendes Feld, als daſs nicht gegen das in den „Elementen“ aufgestellte System derselben Einwände teils theoretischer, teils experimentaler Natur hätten auftreten können. Diese sind von mir teils in einer früheren Schrift „*In Sachen der Psychophysik,*“ 1877, teils in der unter dem oben angegebenen Titel erschienenen neuen (1882) berücksichtigt worden, wonach ich unter Zugeständnissen im einzelnen noch keinen Anlaſs gefunden habe, die fundamentalen Gesichtspunkte der „Elemente“ zu verlassen. Die neue Schrift kann zugleich bis zu gewissen Grenzen als Ersatz der seit einigen Jahren vergriffenen „Elemente“ dienen, indem sie unter Vorführung der Kontroversen über die Hauptpunkte der Psychophysik diese selbst zurückzurufen Anlaſs gefunden hat.

Wie sich die Zukunft der Psychophysik gestalten wird, wird hauptsächlich von den zwei Fragen abhängen, erstens, welche von den beiden Ansichten, die ich oben als psychophysische und physiologische unterschieden habe, das Übergewicht gewinnen wird, zweitens, wiefern die innere Psychophysik

ihre Lebenskraft und Entwickelbarkeit bewähren wird. Je nach Entscheidung dieser Fragen wird die Psychophysik entweder fortgehends nur eine bescheidene Nebenrolle neben Psychologie und Physik als Verbindungsglied beider spielen, oder grofsen und neuen Aussichten in das Gesammtgebiet der Existenz Anhalt und Unterlage bieten.

G. Th. Fechner.

REGISTER.

A.

Acceptor 195.
Akumetrie 149. 194. 197.
Angst bei Tieren 98.
Anspruchsfähigkeit 89.
APPUNN, Tonhöhenunterscheidung 156. 159.
Atom-Empfindung 118. 122. 123.
AUBERT 110.
Aufmerksamkeit 50 (unter der Schwelle). 64. 70; Richtung ders. 138. 142. 144; gespannt 197; übersteigt die Schwelle 145. 147.
Augenmafsversuche 129. 140. 143. 145. 207.
Augenschwarz 20. 110. 134. 145. 146. 191.

B.

BELLS Telephon 149. 194. 195. 200.
BERNSTEIN, zur Psychophysik 3.
Bewufst 63.
Bewufste Empfindung 82. 199.
Bewufstsein 65. 70. 77. 81. 101. 103. 112. 118. 119. 122.
Bewufstseinsgrade 58. 70.
Bewufstseinshelligkeit 20. 39. 50. 56.
Bewufstseinsintensität 50.
Bewufstseinsbegriff 113. 115.
Bewufstseinsschwelle 65.
Bewufstseinszustand 120.
BETTINA 127.
Binaureal 195.
Binokulare Farbenverschmelzung 199.
BRENTANO 123. 126. 127.
BRÜCKE (Wien) 82.

C.

Centrosensorium 150.
Cephalotisches Hören 195. 199.
Chemische Zersetzung ohne Schwelle 81. 82. 95.
CHODIN, Augenmafs 129. 131. 139. 140. 143. 146.
CORTISCHE Organe 137.
CZERMAK 98.
CZOLBE 103.

D.

DANIELLsches Element 197. 198.
DARWIN 40. 105. 123.
Darwinianer 105.
DELBOEUF, zur Psychophysik 4. 10. 18. 20. 37. 72. 77. 78. 82. 95. 98. 99. 102. 105. 106. 107. 108. 110. 115. 119. 129. 225.
Descendenzlehre 21. 40.
DEWAR 129.
Dichtigkeit des elektr. Stroms im Muskel 12 f. 21 f. 30 f. 43. 52 f. 60. 72.
Differenztöne 155. 182.
Diotischer Telephonversuch 154. 160. 164. 176.
Diotische Schwelle 199.
Diotisches Hören 166. 177. 195. 198.

Diskontiunität der Naturgesetzlichkeit 36. 46. 54.
Du Bois-Reymond, Weltformel 36; Muskelstrom 68; Elektrischer Reiz 89. 91. Rheochord 196. 198.
Dühring 114.
Dumas, Zur Muskelkontraktion 30.
Du Prel 123.

E.

Edisons Phonograph gibt Differenztöne 182.
Einfache Töne 148. 151.
Ektotisch 195.
Elasticitätsgesetz 70. 74. 80.
Elektromotorische Eigenschaften der Ganglienzelle 39.
Elektrischer Reiz 89.
Elementarempfindung 70.
Emfindung und Bewufstsein 39. 50. 77.
Empfindungsstärke 38. 39. 47. 50. 113. 119.
Empfindungsgröfse 38. 39. 56.
Empfindungsschwelle 10. 82. 147. 199.
Empfindungsunfähig 10.
Empfindungsfähig und unerregt 10.
Empfindungsfähig und nicht empfindend 10.
Empfindungsreiz 50 (unter der Schwelle).
Empfindungsformel 112.
Empfindungslehre 124. 149.
Empfindungszuwuchs 127.
Empfindungsmafs 216.
Engelmann, Muskelfaserkontraktion 67.
Entotisch 195. 199.
Entwickelungsgeschichte 7. 11. 21. 97.
Erinnerung 219 f.
Ermüdung 108.
Erregungsgröfse im Muskel 52. 60. 67 f.
Erregungszustand Null 10.
Experimentum crucis 150. 176 f.
Extensive Empfindungen 130.

F.

Fallgesetz 62. 69. 213.
Fehldistanz 207.
Fick, A. Üb. Anspruchsfähigkeit 89.
Finsternis 145.
Formeln für Naturgesetze 54.
Fundamentalformel für den Muskel 9.
Fundamentalreiz 68. 85. 90.
Funktionsformeln 55. 69.
Funktionsprinzip 221.

G.

Ganglienzelle, empfindungsfähig, -unfähig 10. 19; subliminal erregt 39. 51. 57. 66. 76. 80; Temperatur 122; Schwelle derselben 81. 107. 115; Privatempfindung 101.
Ganglienzellen-Verbindungen 113. 166; Zerreifsung der leitenden Fasern 113. 118.
Gekreuzte Kopfleitung für Schall 155 u. sp.
Geruchsempfindungen vereinigt 199.
Gesamtbewufstsein 107. 121. 125.
Gesamtbewufstseinsschwelle121.122
Gesamthirnbewufstseinsschwelle 101.
Geschmack der Mundflüssigkeit 145.
Geschwindigkeit Null 5; negativ 5; vernichtet 17.
Gesetz der Schwelle 209.
Giltigkeitsgrenzen von Funktionsformeln 54 f. 63. 69. 73. 80.
Gleichmerklich nicht gleich 123. 127.
Gräfe, Archiv 129.
Gravitationsgesetz 37. 46. 57. 73. 164.
Grenzbestimmungen 197.
Gutberlet 163.

H.

Halluzination 135. 147.
Hartmann, A., Akumetrie 197. 198.
Hartmann, E. v., das Unbewufste 101. 107. 108. 113. 114; Bewufstseinsschwelle117; Leitungswiderstand im Gehirn 118. 125. 126.

Hauptbewufstsein 121.
Helmholtz, Induktionsvorrichtung 52; Naturgesetzlichkeit 69; Farben 225; Webersches Gesetz 106; Muskelkontraktion 85.
Hensen, Muskelfaserkontraktion 67.
Herbart, Psychologische Mechanik 216.
Hermann, L., Leitungswiderstand des Muskels 32. 69.
Hörfeinheit 196.
Hörschärfe 194. 197.
Holmgren Retinaströme 172. 174. 175.
Hubhöhe, minimale 33; imaginäre 36; maximale 34. 36.
Hypnose 106.

I.

Ich 121.
Ich-Schwelle 121.
Ich-Bewufstsein 125.
Ideen zur Schöpfungsgeschichte 7. 11. 21. 40. 79. 82.
Imaginäre chemische Zersetzung 96.
Imaginäre Empfindungen 4. 18. 56. 74. 94. 112.
Imaginäre Geschwindigkeitswerte 63.
Imaginäre Hubhöhen 36.
Innere Schwelle 149. 153 f. 161. 176.
Intensität der Emfindung 38. 130.
Interferenzen hörbar 167.
Intervallunterscheidnng 148. 151. 155. 158. 163.
Intracentrale Empfindungsverschmelzung 199.
Intrakranielle Schallfortpflanzung 153. 155. 165. 176.
Intrakranielle Schall-Lokalisation 150. 198.

J.

Jenaische Literaturzeitung 7. 40. 72. 77. 79. 82. 97. 98. 103. 105. 115. 128.

K.

M'Kendrick 129. 172.
Keplers Gesetze 164.
Kirchers Versuch 100.
König, R., Stimmgabeln 197.
Kollektivbewufstsein 125.
Konkurrenzprinzip 40. 123.
Kopfknochenleitung für Schall 153. 155. 165. 167. 180 f.
Kosmorganisch 104.
Kronecker, H., Akumetrie 197.

L.

Laplace 36.
Leitungswiderstand des Muskels 3. 8. 12 f. 22 f. 31 f. 32. 33. 41 f. 53. 60. 69 72; der Kette 83; der Induktionsrolle 84; zwischen Ganglienzellen 107. 113.
Lichtempfindung, psychophysisch 20. 109.
Licht- und Schall-Fortpflanzung 170.
Literarisches Centralblatt 7. 77.
Lotze, Über Bewufstsein 103.
Luchsinger, Zur Myophysik 79.

M.

Mach, Zur Psychophysik 3.
„Magnetisiren" der Hühner 100.
Mariottescher Fleck 173.
Mafsbestimmungen, galvanische 43. 61.
Mafs der Empfindlichkeit 211 f.
Mafs der Empfindung 213.
Mafsformel, myophysische 61. 95.
Mafsformeln, Grenzen 9. 20. 46.
Mathematische Formeln, Grenzen 9. 16. 36.
Maximalreiz 86.
Methode der Äquivalente 206; der eben merklichen Unterschiede 206. 207; der mittleren Fehler 207.
Mittlerer Fehler 146. 208.
Monotische Schwelle 199.
Monotisches Hören 195.
Müller, G. E., Zur Psychophysik 143. 148. 152. 154. 156. 166. 169.
Müller, Joh., Archiv 85; Empfindung der Ruhe 130. 136.
Muskelanstrengung 109.

Muskeldehnung 75.
Muskelermüdung vermindert d. el. Leitungswiderstand 31 f. 42. 44. 53.
Muskelerregbarkeit 88. 90. 97.
Muskelfaserkontraktion 33. 51.
Muskelfaserkrümmung 30. 33. 41. 44. 51. 59. 67.
Muskelgesetz 69.
Muskelkontraktion 30. 173; maximale 33. 173.
Muskelkraft 67.
Muskelreize unter der Schwelle 4; zu starke 16.
Muskelthätigkeit ändert d. el. Leitungswiderstand 53.
Muskelverkürzung ändert die Stromdichte 8. 21.
Myophysisches Gesetz 1. 59. 97; Beweis 2. 85. 87; Grenzen 3. 9. 16. 36. 45. 46. 74; obere 4. 6. 9. 16. 61. 63; untere 10. 17. 39.
Myophysische Bewegung 67. 85. 89 f.

N

Naturgesetze in Formeln 36. 44; Notwendigkeit derselben 37. 54.
Naturgesetzlichkeit 54. 63. 69.
Neeffscher Unterbrecher 197.
Negativ in der Mathematik 38. 49. 55. 63.
Negative Empfindung 10. 19. 20. 55. 70. 97. 101. 111.
— Empfindungsgröfsen 99.
— Hubhöhen 4. 6. 17. 74. 75.
— Empfindungswerte 4. 18. 47. 63. 80. 93. 98. 101. 106. 112. 115. 119. 124.
— Farben 10. 20.
— Geschwindigkeitswerte 5. 6. 17. 39. 49. 63. 74. 80. 96. 149.
— Kontraktion 10. 39. 80.
Negatives Vermögen 48.
Nervenprozefs 173.
Nicht-bewufstes 39.
Nörr, Schallschwelle 186. 190.
Normaldistanz 207 f.
Null der Empfindung 11. 19. 38. 39. 49. 74. 80. 116.
Nullpunkt des Bewufstseins 39.
— des Daseins der Empfindung 38. 47. 56. 113. 116.
— der Wärmeschwingung 50.
Nullwert einer Geschwindigkeit 49.
— der psychophysischen Bewegung 38. 76.
Nullzustand der Temperaturempfindung 128. 132.

O.

Obertöne 148. 155. 162; unter der Schwelle 151. 167.
Öffnungsticken des Telephons 195. 196.
Ohrenbrausen 135.

P.

Pfaundler 123.
Pflügers Archiv 79. 88.
Physiologische Funktion 58.
Physiologisch und psychophysisch 149. 154. 161. 172. 175. 218 f.
Plateau, Zur Psychophysik 72. 78. 82. 99. 101. 102. 105. 106. 107. 109. 110. 111. 115. 118. 119. 225.
Poggendorff galvanische Mafsmethoden 61; Annalen 72. 106. 110. 115.
Positiv in der Mathematik 38. 49. 55. 63.
Positive Empfindungen 38. 67. 147.
— Empfindungswerte 47.
Positives Vermögen 48.
Prevost, Zur Muskelkontraktion 30.
Prinzipielle Giltigkeitsgrenzen 6. 9. 10. 16 f. 37. 39. 45. 46. 54.
Privatbewufstsein 121.
Privatempfindungen der Ganglienzellen 101. 125; der Atome 125. 126.
Protoplasma der Ganglienzelle 80. 93.
Psychologie 64.
Psychologisch und psychophysisch 147.
Psychologische Formel 116.

Psychophysik 3; innere 3. 46. 217; äufsere 4. 20. 46. 209.
Psychophysische Bewegung 38. 39. 46. 87. 89. 92. 102.
Psychophysische Mafsformel 99. 112.
— Mafslehre 10.
Psychophysisches Gesetz 87. 92. 93; Grenzen 4. 46; obere 4. 39. 101; untere 20. 39. 101. 112.

Q.

Qualität der Empfindung 48. 130.
Qualitätlose Empfindung 147.
Quantität der Empfindung 47 f.

R.

Ranke, J., Leitungswiderstand der Muskeln 69.
Raum, Eigenschaften 37.
Reagibilität 89.
Reiz, äufserer 4. 71. 78. 185; maximal 8; Null 38; im Überschufs 8; submaximal 8; innerer 80; variabel 83 f. 88; minimal 185 f.; verlorener Antheil 185; subliminal 199; elektrischer 89.
Reizbegriff 89.
Reizmafs 89.
Reizschwelle 210 f.; der Ganglienzelle 80; des Muskels 86; des Ohres 185.
Reizstärke 83.
Reizverhältnis 8. 26. 34.
Reizwirkungen 83; primäre 90.
Rezeptor 195.
Rheochord 83.
Ruhe-Empfindung 130. 135. 138. 144. 191.
Ruhelänge des Muskels 33.

S.

Sarkolemm nicht leitend 41. 53.
Schaefer, K., Kopfleitung 183.
Schätzungsversuche 102.
Schallfortpflanzung 170.
Schall-Schwächung 171. 179.
Schallschwelle 194. 199.
Schallstärke-Messung 130. 171.
Schallunterschiedsschwelle 194. 197.
Schliefsungsticken des Telephons 195. 196.
Schmerz 173.
Schöpfungsgeschichte 103 s. Snell.
Schwarz 129.
Schwelle des Bewufstseins 117.
— der Empfindung 81. 116. 199.
— der Leitung im Gehirn 117. 121.
— der photographischen Platte 82.
— in der äufseren Psychophysik 51. 66.
— in der inneren Psychophysik 3. 64. 103. 137. 138. 149. 161. 176.
— in der Myophysik 4. 5.
— in der Physik 5. 49. 66. 71. 75. 94.
Schwellenbegriff 93. 209.
Schwellen-Empfindung 121. 133.
Schwellenerregung im Muskel 68. 85 f. 89.
Schwellen -Halbierung 185 fg.
Schwellenpunkt 86.
Schwellen-Schall 195.
Schwellenüberschreitung 10. 64. 66. 76.
Seebeck, Tonhöhenunterscheidung 156. 159.
Sinnesnervenerregung 173.
Snell, Zur Schöpfungsgeschichte 40. 79. 97. 98. 99. 102. 103. 104.
Sonderbewufstsein 121.
Stille 129. 133. 145. 146. 191.
Stone, Tonhöhenunterscheidung 156. 159.
Stromdichte im Muskel 11 f. 21 f. 34. 41. 52. 53. 60. 72.
Stromschwankung der Netzhaut 172. 175.
Stromstärke beim Tetanisieren 13. 22. 41. 52.
Stromverzweigung 84.
Subliminale Erregung 10.
— Reize 39. 199.
Synochologisch 221.

T.

v. Tarchanoff, Telephon-Versuch 150. 152. 153. 155. 157 f. 164. 166. 175. 176. 179. 180. 181 f. 189. 193. 199; Muskel- und Nervenstrom 198.
Tastsinn 205 f.
Temperaturempfindung 128. 132.
Tetanisierender Reiz 3. 13 f. 21.
Tetanisierter Muskel 5.
Tonhöhenunterschiedsschwelle 148. 158. 162. 167.
Tonintensitätsschwelle 197.
Totalbewufstsein 50. 65.
Totalbewufstseinsschwelle 64.
Totalschwelle 65.
Traum 39. 50.

U.

Überbewufstsein 112.
Unbewufst 63. 115.
Unbewufste Empfindung 56. 106. 112. 115. 119. 124.
Unbewufstes Leben 219.
Unbewufstsein 20. 38. 80. 112.
Unbewufstseinsgrade 70.
Unbewufstseinstiefe 56.
Unterbewufstsein 112.
Unterscheidungsempfindlichkeit 186
Unterscheidungsschwelle der Tonhöhe 158.
Unterschiedsempfindlichkeit f. Tonhöhen 155 f.
Unterschiedsschwelle 209. 210; für Töne 151. 155.
Unterschwelliger Schall 155. 161. 191. 199.

V.

Verkürzungskraft 89. 92.
Verstand, individuell 35.
Vierordt, Schallabsorption 165. 171; Hautempfindlichkeit 206; Psychophysik 209. 225.
Volkmann, Muskelversuche 2. 7. 14. 88. 91; Augenmafs 131. 140; Psychophysik 225.

W.

Wärme der Ganglienzelle 39.
Wahrscheinlicher Fehler 146.
Weber, Ed., Muskelkraft 67.
Weber, H. F., Element 198.
Weber, E. H., 206. 211. 224.
Webersches Gesetz 78. 105. 106. 108. 109. 110. 127. 140. 211 ff. 225; bei Tonhöhen ungiltig 146. 151. 155 ff. 162 f. 167; untere Grenze 186. 190.
Weber-Fechnersches Gesetz 129.
Weltformel 36.
Wiedemanns Annalen 170.
Wundt, Physiologische Psychologie 98; Tonhöhenunterschiede 160; Schallstärke-Messung 169. 170. 174; Psychophysik 209. 225.

Z.

Zech, Schallfortpflanzung 170. 171. 174.
Zöllner 118. 123.